

Phys. sp.

185

tl(2)

Phys. sp. 185 tf (2

Phys. sp.
1857

Phys. sp. 1857

OPTISCHE STUDIEN,

Fortsetzung

der in der »Darstellung der Farbenlehre« enthaltenen.

Von

H. W. D o v e.

BERLIN.

Verlag von G. W. F. Müller.

1859.

42 A

OPTISCHE STUDIEN,

Fortsetzung

der in der »Darstellung der Farbenlehre« enthaltenen.

Von

H. W. Dove.

BERLIN.

Verlag von G. W. F. Müller.

1859.

OPTISCHE STUDIEN.

Fortschritt

der in der Darstellung der Farbenlehre enthaltenen



BERLIN.

Verlag von G. W. F. Müller.

1850.

I N H A L T.

I. Ueber den Glanz.	Seite
a) Theorie desselben	1
b) Hervorbringung des Glanzes ohne stereoskopische Combination	5
II. Ueber eine Methode, Interferenz- und Absorptionsfarben in beliebigem Verhältniß zu mischen	10
III. Ueber die Unterschiede monocularer und binocularer Pseudoskopie .	14
IV. Einfluß des Binocularsehens bei Beurtheilung der Entfernung durch Spiegelung und Brechung gesehener Gegenstände.	
a) Spiegelung von einer ebenen Oberfläche	20
b) Hebung bei der Brechung durch Planscheiben und Prismen .	21
c) Brechung durch einen Kalkspath	23
V. Stereoskopische Darstellung eines durch einen Doppelspath binocular betrachteten Typendrucks	24
VI. Anwendung des Stereoskops, um einen Druck von seinem Nachdruck, überhaupt ein Original von seiner Copie zu unterscheiden	26
VII. Ueber das elektrische Licht	37
VIII. Unterschied der prismatischen Spectra des am positiven und negativen Pol im luftverdünnten Raume hervortretenden elektrischen Lichtes .	43
IX. Anwendung metallischer Belegungen als Blendgläser	47
X. Vergleichung von Auge und Ohr	49

I N H A L T.

A. Ueber den Glanz.	1
a) Theorie derselben.	1
b) Hervorbringung des Glanzes ohne stereoskopische Construction.	5
B. Ueber eine Methode, Interferenz und Absorptionsspektren zu untersuchen.	10
C. Ueber die Ursachen der isothermen und anisothermen Stereoskopie.	14
D. Ueber die Ursachen der isothermen und anisothermen Stereoskopie.	14
E. Spiegelung und Brechung.	20
a) Spiegelung.	20
b) Brechung.	21
F. Brechung durch einen Kristall.	21
G. Stereoskopische Darstellung einer Kristallfläche.	21
H. Stereoskopische Typendruck.	21
I. Anwendung des Stereoskops, um einen Punkt zu bestimmen.	21
J. Ueberhaupt ein Original vor sich zu haben.	21
K. Ueber das elektrische Licht.	21
L. Unterschied der prismatischen Spectra des zu positiven und zu negativen Pol im hollvertheilten Raum hervorgerufenen elektrischen Lichts.	21
M. Anwendung metallischer Hohlspiegel als Blendgläser.	21
N. Vergleichung von Auge und Ohr.	21

I. Ueber den Glanz.

a) Theorie desselben.

Im Jahre 1851 habe ich (Berichte 1851 pag. 261 und Pogg. Ann. 83 pag. 180. Farbenlehre pag. 171) gefunden, daß wenn man von den für die beiden Augen entworfenen stereoskopischen Projectionen, die eine mit weißen Linien auf schwarzen Grund entwirft, die andre mit schwarzen Linien auf weißen Grund, und sie stereoskopisch combinirt, das Relief sich zeigt, aber so, daß die Linien sich nicht decken, sondern der Länge nach berühren, die Flächen aber zugleich metallisch glänzend erscheinen, und daß dieselbe Erscheinung sich zeigt, wenn man statt weiß und schwarz, verschieden brechbare Farben auf dunklem Grunde wählt. Ich habe darauf folgende Ableitung der Entstehung des Glanzes gegründet: (Farbenlehre p. 177) »Unter allen Fällen, wo eine Fläche glänzend erscheint, ist es immer eine spiegelnde durchsichtige oder durchscheinende Schicht von geringer Mächtigkeit, durch welche man hindurch einen andern Körper betrachtet. Es ist also äußerlich gespiegeltes Licht in Verbindung mit innerlich gespiegeltem oder zerstreutem, aus deren Zusammenwirkung die Vorstellung des Glanzes entsteht. Dies steigert sich bei der Anzahl der Abwechselungen beider Körper. Daher nimmt aufgeblätterter Glimmer Metallganz an, Sätze von Glasscheiben hingegen Perlenmutterganz. Die beiden auf das Auge wirkenden Lichtmassen wirken auf dasselbe aus verschiedenen Entfernungen. Indem nun das Auge sich dem durch die durchsichtige Schicht gesehenen Körper anpaßt, kann das von der Oberfläche zurück-

spiegelnde Licht nicht deutlich gesehen werden, und das Bewußtwerden dieser undeutlich wahrgenommenen Spiegelung erzeugt die Vorstellung des Glanzes. Der Glanz ist daher stets im eigentlichen Sinne ein falscher, ein Beiwerk, welches blenden kann, das aber, wenn wir es beachten, die Sache auf die es ankommt scharf ins Auge zu fassen verhindert. Er verschwindet daher, wenn man die Spiegelung fortschafft, indem man unter dem Polarisationswinkel durch ein Nicolsches Prisma auf den Firniß eines Gemäldes sieht.«

Nach dem Athenaeum 1855 pag. 1125 hat Sir David Brewster der Versammlung der englischen Naturforscher in Glasgow eine Mittheilung über das binoculare Betrachten verschieden farbiger Flächen gemacht, welche folgende Bemerkung enthält: Prof. Dove hat vor einigen Jahren mehrere schöne, diesen Gegenstand betreffende Versuche veröffentlicht, auf welche er eine Theorie des Glanzes gründet, indem er annimmt, derselbe entstehe durch die Zusammenwirkung des Lichtes, welches von Flächen aus verschiedenen Entfernungen zum Auge gelangt. Sir David bestreitet diese Theorie, da er gefunden, daß, wenn man eine weiße und schwarze Fläche stereoskopisch combinirt, auf welcher keine Zeichnungen entworfen sind, diese nicht glänzend erscheinen. Der Glanz entsteht also nicht dadurch, daß das Licht von einer Fläche durch die andre hindurchgeht, sondern durch die Schwierigkeit, die beiden stereoskopischen Bilder zu combiniren (the lustre is due not to the rays from one surface passing through the other to the eye, but to the effort of the eyes to combine the two stereoscopic pictures) oder wie es in einer französischen Uebersetzung heißt, durch die Schwierigkeit der Accommodation des Auges für die beiden Bilder.

Man sieht, daß hier behauptet wird, meine Erklärung erheische, daß das Licht der einen Fläche durch die andre hindurchgehen müsse. Um dieses Mißverstehen zu beseitigen, fügte ich der dort gegebenen Erklärung noch folgendes hinzu. »Die Modificationen, welche durch den Reflex des Lichtes der spiegelnden Flächen aus dem Gangunterschied zweier Lichtmengen auf die daraus resultirenden Lichtschwingungen entstehen, sind daher nicht die Ursachen des Glanzes, sondern vielmehr

Nebenfolgen der Bedingungen, unter welchen er überhaupt entsteht.« Auch schließt die stereoskopische Combination zweier Flächen in der Wirklichkeit vollständig das Hindurchgehen des Lichtes der einen Fläche durch die andre aus. Da wir aber, wenn wir zwei Flächen an derselben Stelle zu sehen glauben, nothwendig die Vorstellung erhalten, daß die eine durch die andre gesehen wird, so sieht es auch bei den von mir angestellten stereoskopischen Versuchen, besonders bei blauen und gelben Flächen so aus, als wenn man durch die eine durchsichtig gewordene die andre erblickte. Daß dies aber nur eine im Zustande der Ruhe, also bei bestimmter Richtung der Augenachsen hervortretende Vorstellung sei, geht einfach daraus hervor, daß ich die Erscheinung der »flatternden Herzen« auf eine scheinbare Parallaxe zurückgeführt habe, welches unmöglich sein würde, wenn ich angenommen hätte, daß man durch den umgrenzten farbigen Fleck die anders farbige Grundfläche hindurchsehe. Die Nothwendigkeit dieser bestimmten Richtung der Augenachsen wird nun eben durch den von Hrn. Brewster angeführten Versuch, daß ohne Zeichnungen die Combination der weißen und schwarzen Fläche ohne Glanz erscheint, bestätigt, ganz im Sinne der von mir gegebenen Ableitung. Uebrigens können auch die schwarzen und weißen Linien dicht neben einander liegen, um die Vorstellung des Glanzes zu erzeugen. Ich erinnere in dieser Beziehung nur an den unangenehmen Glanz grauer Haare.

Den Anstoß, den Hr. Brewster an dem Vergleich einer glänzenden Fläche mit einem mit Firnifs überzogenen Gemälde nimmt, ist mir nicht klar. Sehen wir unter sehr schiefem Winkel auf dasselbe, so erscheint nur das gespiegelte Licht der äußeren Oberfläche, und wir sehen das Bild gar nicht. Schafft man durch ein Nicolsches Prisma das äußerlich gespiegelte fort, so sieht man das Bild, aber mit todtten Farben. Nur die Verbindung beider bringt das hervor, daß wir sagen, der Eindruck des Bildes werde durch den Glanz gehoben. Beim Poliren einer rauhen Metallfläche geht zerstreutes Licht durch glänzende Mittelstufen, bei denen die Farbe immer mehr verschwindet, in gespiegeltes Licht über. Die vollständige Spiegelung vernichtet

zuletzt die Farbe so, daß eben durch die Politur das Metall immer weißer wird.

Daß ich die hier erörterte Ansicht nicht nachträglich meinen Worten unterlege, daß diese vielmehr in diesem Sinne auch von andern so verstanden worden, dafür mögen folgende Bemerkungen des Hrn. Haidinger (Pogg. Ann. 91, p. 599) sprechen: »Von der allergrößten Wichtigkeit und namentlich auch ganz in Uebereinstimmung mit dem Inhalte der vorausstehenden Betrachtungen erschienen mir Hrn. Dove's Ansichten in Hinsicht des Glanzes. Jedes letzte Körpertheilchen ist je nach seiner Brech- oder Absorptionskraft von verschieden beschaffenen Lichtäthersphären umgeben, die seine Sichtbarkeit überhaupt vermitteln. Unebene, rauhe Oberfläche zeigt genugsam den Unterschied metallischen oder nicht metallischen Ansehns, wenn sie nur nicht vollständig matt ist, aber das Auge ist sich der Natur der Lichtätherhülle der zu äußerst liegenden Theilchen bewußt, ohne daß man eigentlich optische Mittel besitzt, den Unterschied anders als eben durch das Ansehn zu prüfen. Anders wird es, je mehr eine Fläche an Ebenheit gewinnt. Der Körper wird glänzend, immer vollkommner und vollkommen, bis man ihn je nach seiner Natur gar nicht mehr sieht, sondern nur das Bild der Gegenstände, das er zurückwirft. Ist der Körper nicht metallisch, so zeigt sich nur unter den entsprechenden Bedingungen die mehr oder weniger vollständige lineare Polarisation. Eigentlich kann die Polarisation bei den am vollkommensten polarisierenden Körpern nur ein Maximum werden, sie ist mehr und mehr elliptisch bei den Körpern von metallischem Ansehn. Die Grenze ist innere totale Reflexion. Der Glanz selbst als »ein Beiwerk« läßt sich gewiß sehr überzeugend nach dem Vorgange von Dove mit einer durchsichtigen Schicht vergleichen, die auf der Oberfläche des Körpers ruht. Das katoptrische Weiß wirkt im Stereoskop einfach wie ein helles Lichtfeld. Hrn. Prof. Dove's Versuch im Stereoskop überträgt das von dem einen Auge direct gesehene Bild der begrenzten durchsichtigen Fläche auf das der Form nach ebenfalls begrenzte dunkle Bild im andern Auge, und combinirt dergestalt Körper und Durchsichtigkeit zu Glanz.

Wenn ich schliesslich noch hinzufüge, daß Hr. Moigno im Kosmos, als Hr. Brewster bereits früher die jetzt wiederholten Einwürfe veröffentlichte, die Bemerkung machte: »wenn wir das Englische recht verstehen, so ist die von Hrn. Brewster gegebene Erklärung genau die von Hrn. Dove selbst gegebene«, so glaube ich von meiner Seite annehmen zu dürfen, daß Hr. Brewster durch ein bei einer fremden Sprache leicht erklärliches Mißverständniß meiner Ansicht, diese bestätigt, ja eigentlich nur wiederholt hat, indem er sie zu widerlegen glaubte.

b) Hervorbringung des Glanzes ohne stereoskopische Combination.

Es ist, sagt Brücke, in einem Aufsatz über die Wirkung complementär gefärbter Gläser beim Binocularsehen (Ber. d. Wiener Akademie 1853, 11 p. 213) lange darüber gestritten worden, ob zwei verschiedene Farben, welche gleichzeitig die eine dem einen, die andere dem anderen Auge dargeboten werden, sich in derselben Weise zu einer Resultante combiniren können, wie dies geschieht, wenn die Eindrücke beider auf derselben Netzhaut über einander fallen. Die Frage hat ihr eigenthümliches physiologisches Interesse. Vereinigen sich die Farben durchaus nicht, so beweist dies, daß die ihnen entsprechenden Erregungszustände sich nur in der Netzhaut mit einander verbinden können und dann die Resultante derselben zum Gehirn fortgepflanzt wird. Ist es dagegen möglich, zwei Farben zur Vereinigung zu bringen, von denen die eine mit dem rechten, die andere mit dem linken Auge gesehen wird, so beweist dies, daß die ihnen entsprechenden Erregungszustände einzeln dem Gehirn zugeführt, sich in demselben noch zu einer Resultante verbinden lassen. Schon im Jahre 1806 gab de Haldat im Journal de Physique an, daß eine solche Vereinigung wirklich stattfindet, wenn man vor beide Augen verschieden gefärbte Gläser hält. Dieser Versuch ist von vielen guten Beobachtern angestellt worden, aber nur einzelne Stimmen erhoben sich für de Haldat, alle übrigen vereinigten sich dahin, daß man bald die eine, bald die andere Farbe, bald das ganze Sehfeld in der Mitte getheilt, und auf beiden Seiten verschieden gefärbt sehe, kurz eine Vereinigung der Farbe nicht

zu Stande komme. So stand die Sache, als Dove in den Monatsberichten der Berliner Akademie 1841 p. 251 (über die Combination der Eindrücke beider Ohren und beider Augen zu einem Eindruck) mit Hülfe des Stereoskops sich und viele Andere überzeugte, daß die in demselben beiden Augen dargebotenen, durch einen Polarisationsapparat erzeugten Farben sich in der That zu derselben Resultante combiniren, welche sie erzeugt haben würden, wenn sie beide gleichzeitig einer und derselben Netzhaut dargeboten worden wären. Dies Resultat ist seitdem mit theilweis veränderten Hilfsmitteln mehrfach bestätigt worden, 1846 von Seebeck (über die fragliche Combination des rechten und linken Eindrucks beim Gehör- und Gesichtssinne; Pogg. Ann. 68, p. 449), 1849 von Foucault und Regnault (note sur quelques phénomènes de la vision au moyen des deux yeux; Compt rend. 28, p. 78), 1850 von Dove selbst (über das Binocularsehen prismatischer Farben; Monatsbericht 1850, p. 152) und die oben gestellte physiologische Frage ist als endgültig entschieden zu betrachten. Zweifelhaft kann nur sein, in wie fern der erwähnte einfache Versuch von de Haldat geeignet war, eben jene Frage zu beantworten, ob de Haldat anders organisirt war als Hunderte von Menschen, welche denselben Versuch angestellt haben, und sein Resultat nicht wiederfinden konnten, oder ob jene Hunderte nur nicht unter den geeigneten Bedingungen experimentirten. Brücke zeigt nun, daß wenn man nach einem Fenster durch complementar gefärbte Gläser blickt, man seitlich die Farben getrennt an der Sparre sieht, in der Mitte aber die Combination in der eigenthümlichen Beleuchtung, wie sie eine London-smoke Brille giebt. Diesen Eindruck gaben natürlich mit größerer Verdunkelung auch die vor demselben Auge übereinander gelegten Gläser. Ich besitze ein rothes und grünes Glas, bei denen diese Vergleichung ganz wegfällt, da sie übereinander gelegt das Tageslicht so verdunkeln, daß man auf ein Brett zu sehen glaubt.

Wenn ich nach allen hier erwähnten Versuchen noch einmal auf diesen Gegenstand zurückkomme, so geschieht dies deswegen, weil ich gefunden habe, daß man in aller Strenge zeigen kann, daß, wenn man bei binocularem Sehen durch verschieden

gefärbte Gläser sich abwechselnd des Eindrucks des einen und des andern Auges bewußt wird, der Durchgang stets durch eine wirkliche Combination erfolgt. Ueber den Farbenton, in welchem man bei der Combination Gegenstände sieht, läßt sich streiten, nicht aber darüber, ob ein ganz neues Phänomen bei binocularer Betrachtung erfolgt, welches bei monocularer nicht eintritt. Das Mittel ist ein sehr einfaches, nämlich durch die verschiedenen vor die beiden Augen gehaltenen Gläser ein Bild zu betrachten, welches in den beiden Farben der Gläser so ausgeführt ist, daß bei einem rothen und grünen Glase z. B. ein grünes Bild in einem rothen Felde entworfen ist, oder ein rothes Bild in einem grünen Felde. Sehr geeignet dazu sind die zur Darstellung der Erscheinung der flatternden Herzen veröffentlichten Bilder und farbige Spiralen nach Analogie der von mir für subjective Farben construirten, bei denen aber der dort weiße Grund in der Farbe des zweiten Glases gemalt ist. Am entschiedensten wird die Erscheinung, wenn die farbigen Gläser so gewählt sind, daß wenn man durch eines allein sieht, die davon verschiedene Farbe des Bildes sich zu schwarz verdunkelt, welches man mit roth, blau und grün, nicht aber mit gelb erreichen kann.

Betrachtet man nun mit einem rothen Ueberfangglase vor dem einen und einem tief blauen Glase vor dem andern Auge das blaue Bild in rothem Felde, so sieht man zuerst das Bild schwarz auf rothem Grunde, man wird sich also des Eindrucks des rothen Glases zuerst bewußt. Plötzlich aber tritt das blaue Bild hervor und zugleich erscheint das Ganze so lebhaft glänzend, als wären die Farben in Porzellan oder Glas ausgeführt. Besonders bei roth und grün ist das Alterniren der Erscheinung höchst charakteristisch. Zuerst sieht man das Grün dunkel im rothen Felde, dann beide glänzend, darauf verdunkelt sich das Roth, während man das Grün sieht, dann von Neuem beide glänzend, wobei jedesmal, so wie man nur eine Farbe sieht, diese vollkommen glanzlos erscheint. Der Glanz ist am auffallendsten, wenn man auf die Zeichnung senkrecht herabblickt. Nun habe ich aber früher durch stereoskopische Versuche gezeigt, daß Glanz durch binoculare Combination einer schwarzen und weißen, oder zweier farbiger Flächen entsteht. Die hier mitge-

theilten Versuche sind also entscheidend für die Combination der Eindrücke unter den einfachen Bedingungen, unter welchen de Haldat zuerst seine Beobachtungen anstellte.

Da bei Allen, welchen ich diese Versuche mit einem rothen und blauen Glase zeigte, der Eindruck des rothen Glases zuerst zum Bewußtsein kam, so paßt sich das nicht achromatische Auge entweder überhaupt zuerst der größern Entfernung für das rothe Licht an, oder man wird sich, wenn verschiedene Farben plötzlich gleichzeitig dem Auge dargeboten werden, zuerst der weniger brechbaren Farbe bewußt. Auf diese Weise würde sich mir erklären, warum ich bei dem Entladen einer Kleistischen Flasche sehr häufig den weißen Funken seitlich durch rothe Stellen begrenzt sehe und mir ein ganz unerwarteter erster Blitz eines Gewitters oft roth erschienen ist. Wenn ich aber die oben beschriebenen Versuche im Dunkeln, welches plötzlich durch starke elektrische Entladungen erleuchtet wurde, anstellte, so sah ich oft die blaue Zeichnung dunkel auf hellem Grund, mitunter aber auch diese hell auf dunklem Grunde, so daß ich also die erstere Erklärung für wahrscheinlicher halte.

Es braucht wohl nicht erst hinzugefügt zu werden, daß die beschriebenen Erscheinungen in gleicher Weise sich darstellen, wenn man die Gläser unter einander vor beiden Augen vertauscht, also nicht auf eine Ungleichheit beider Augen zurückgeführt werden können.

Ich habe früher gezeigt (p. 171), daß, wenn man im Stereoskop zwei mit weißen Linien auf schwarzem Grund entworfene Projectionen durch verschiedene farbige Gläser betrachtet, man das Relief erhält, aber die Kanten des Körpers aus verschiedenfarbigen, der ganzen Länge nach einander berührenden Linien bestehen, daß also verschiedene farbige Linien sich bei stereoskopischer Combination neben einander legen, nicht decken. Dem entsprechend erscheint im Dunkel der Funke aus dem Conductor einer Elektrisirmaschine als zwei getrennte verschiedenfarbige Funken, wenn man ihn binocular durch verschiedenfarbige Gläser betrachtet, während die breite Lichtmasse des Entladungsfunkens einer Flasche aus zwei verschiedenfarbigen Flecken besteht, welche theilweise in einander greifen.

Die hier gewonnenen Resultate scheinen für die Darstellung bestimmter Gegenstände durch Pigmente von Bedeutung zu sein. Das unter dem Namen Tellerroth (*rouge d'assiette*) im Handel vorkommende Carthamin erhält, wenn es auf Tellern eingetrocknet wird, einen gelben Metallglanz und mit der Zeit eine grünliche Oberfläche. Dies erläutert sich auf folgende Weise. Trägt man Carthamin in dünnen Schichten auf eine Glasplatte, so erscheint die spiegelnde Fläche im reflectirten Licht grün, im durchgelassenen prachtvoll roth¹⁾. An mehreren von Dr. Stahl Schmidt frisch bereiteten Platten sah ich auf der Rückseite, da, wo das Licht von der rauhen Fläche der Belegung zerstreut wird, Stellen mit vollkommen Metallglanz von Bronze. Dieser Metallglanz entsteht nämlich dadurch, daß bei dem zerstreuten Licht das Grün und Roth zusammen wirken. Wird nun im Lauf der Zeit die Substanz undurchsichtiger, so tritt das roth durchgelassene Licht immer mehr zurück gegen das reflectirte grüne. Auf analoge Ursachen kommt es hinaus, daß bei Gemälden, in welchen durch Deckfarbe hindurch ein anders farbiger Grund mitwirkt, Effecte des Glanzes erzielt werden, welche im Laufe der Zeit immer mehr verschwinden, wenn die allmähliche Verdunkelung der Deckfarbe das Hindurchwirken des andersfarbigen Grundes aufhebt.

¹⁾ Eine solche Platte zeigt, wenn man die Schatten eines schmalen Körpers in dem grün reflectirten Lichte betrachtet, an dem Doppelbild die subjective rothe Färbung in auffallender Stärke.

II. Ueber eine Methode, Interferenz- und Absorptionsfarben in beliebigem Verhältnifs zu mischen.

Die natürlichen Farben der Körper sind so mannigfach, daß die verschiedenen Bemühungen, eine alle umfassende Farbenscala zu entwerfen, sich als unzureichend erwiesen haben. Daß die Newtonschen Farbenringe eine solche Scala nicht geben, hat Brewster am Blattgrün gezeigt, welches Newton als Grün der dritten Ordnung bezeichnete, während sein Spectrum ein ganz anderes ist. Auch sieht man, daß wenn die Farben durch Interferenz von der Außenfläche reflectirten und von dem Innern des Körpers zurückgesandten Lichtes entstehen, sich nothwendig in diesem letztern Absorptionswirkungen werden geltend machen. Im Allgemeinen wird also das Spectrum einer natürlichen Farbe ein gemischtes sein, und daß dies auch für die leuchtenden Körper gelte, haben die Untersuchungen über das elektrische Licht und die Flammen gezeigt. Um die complicirten Spectra der Farben leuchtender und nichtleuchtender Körper zu verstehen, wird es also darauf ankommen, über einander liegende Spectra der Prüfung zu unterwerfen, welche man auch gesondert zu untersuchen im Stande ist.

Das unmittelbar sich darbietende Mittel ist, daß man die von zwei Lichtquellen ausgehenden Strahlen so in eine Richtung bringt, daß die der einen durch eine geneigte durchsichtige Spiegelplatte hindurchgehen, während die der andern von ihrer Oberfläche reflectirt werden. Abgesehen aber davon, daß es äußerst schwierig ist, bei zwei verschiedenen Lichtquellen die relative Intensität derselben bei dauernden Versuchen gleich zu erhalten, ist es natürlich auch wünschenswerth, die Lichtquellen selbst in der Weise gleichzeitig zu modificiren, wie es die natürliche Farbe eines Körpers wird, wenn man eine weiße Beleuchtung mit einer farbigen oder diese mit einer anders farbigen vertauscht. Dies in gleicher Weise mit zwei Lichtquellen zu erhalten, setzt eine Identität derselben voraus, welche wohl nicht

zu erreichen ist. Ich habe daher eine experimentelle Methode gesucht, Mischung durch Absorption und Interferenz entstandener Farben vermittelt einer einzigen Lichtquelle zu erhalten und zwar in der Weise, daß die Absorption auf die die Interferenz erzeugende Lichtquelle keinen Einfluß äußert. Man erhält durch dieselbe die Newtonsche Farbenscale in Verbindung mit beliebigen Absorptionsfarben bei beliebig veränderter weißer oder farbiger Beleuchtung und dadurch eine Fülle von Farbenüancen zur Vergleichung mit den natürlichen Farben der Körper.

Legt man neben einander die beiden Hälften eines entzwei geschnittenen mit Silber belegten farblosen Glases, die eine mit der metallischen Seite nach Oben, die andere mit der Glasseite, so sind die in einem Gypsplättchen entwickelten Farben, welche man unter dem Polarisationswinkel des Glases mit einem Nicol'schen Prisma in der Stellung betrachtet, wo das Licht der Vorderfläche des Glases verschwindet, auf der Metallfläche schon sehr schwach, aber auf der Glasfläche kaum wahrnehmbar. Das durch zwei Brechungen an der Vorderfläche und eine an der Innenfläche eines belegten Glasspiegels zum Auge gelangende Licht kann also nahe als unpolarisirtes angesehen werden, außerdem kann der Unterschied von demselben in Beziehung auf die resultirende Farbe dadurch bestimmt werden, daß man das direct auf eine durch die Gypsplatte verdeckte Spalte fallende Licht bei prismatischer Analyse mit dem vergleicht, welches von dem belegten Glasspiegel durch Reflexion an diese Spalte gelangt. Vertauscht man nun das farblose Glas mit einem farbigen hinten belegten, so erscheint die Farbe desselben ohne Gypsplättchen in ungewöhnlicher Intensität, wenn man das unter dem Polarisationswinkel auf die Vorderfläche fallende weiße Licht durch den Nicol vernichtet. Den Polarisationswinkel selbst findet man, wenn das subjectiv gefärbte Doppelbild eines auf den Spiegel einen Schatten werfenden Körpers, durch den Nicol beleuchtet, verschwindet (Pogg. Ann. 45, p. 158). Betrachtet man nun eine Gypsplatte durch einen Nicol unter dem Polarisationswinkel auf diesem farbigen Glase, so entwickelt das von der Vorderfläche reflectirte linear polarisirte Licht in dem Gypsplättchen die lebhaftesten Interferenzfarben, denen sich die von der belegten

Hinterfläche durch Absorption gefärbten hinzufügen, ohne an der Interferenz jener Theil zu nehmen, da sie, wie früher gezeigt worden, als unpolarisirt zu betrachten sind.

Für die prismatische Analyse erhält man also folgende Anordnungen:

1. Man läßt das von dem Metallspiegel reflectirte Licht auf die Spalte des Schirmes fallen und analysirt es durch das Prisma (Spectrum der Lichtquelle).
2. Man vertauscht den Metallspiegel mit einem farbigen Glase. Das resultirende Spectrum ist gemischt aus dem der Lichtquelle und dem durch Absorption erhaltenen.
3. Man läßt das so reflectirte Licht durch ein Nicol hindurchgehen und erhält so das Absorptionsspectrum allein. Um 2. in 3. unmittelbar in einander übergehen zu lassen, betrachtet man das unter 2. aus dem Prisma austretende Licht durch einen Nicol, welche man vor dem Auge um seine Achse dreht.
4. Man vertauscht das farbige Glas mit einem schwarzen und erhält bei eingeschalteter Gypsplatte durch den Nicol und hinter demselben aufgestellten Prisma das Interferenzspectrum.
5. Man vertauscht das schwarze Glas mit dem belegten farbigen und erhält in gleicher Weise das aus dem Interferenz- und Absorptionsspectrum gemischte. Wendet man zur prismatischen Analyse ein doppelbrechendes Prisma an, so kann man das aus demselben austretende Licht durch einen Nicol analysiren, der so gestellt ist, daß eines der Spectra verschwindet. Will man das ganze Spectrum übersehen, so wählt man zur analysirenden Vorrichtung statt eines Nicols einen Glassatz.

Die Mischung von Absorptionsfarben gefärbter Flüssigkeiten mit Interferenzfarben erhält man am einfachsten, wenn man die Flüssigkeit über Quecksilber gießt, welches in einer Schale enthalten ist. Die Aenderungen der Tiefe der Flüssigkeit gestattet die Absorption mit zunehmender Dicke der Schichten zu untersuchen. Sollte die gewählte Flüssigkeit das Metall angreifen, so kann man sich eines Gefäßes bedienen, dessen Boden ein belegter Glasspiegel ist, oder in welches man einen Metallspiegel hineinlegt, der von der Flüssigkeit nicht angegriffen wird.

Legt man auf einen grossen Silberspiegel eine Menge verschiedenfarbiger Gläser nebst einem schwarzen und betrachtet durch das Nicolsche Prisma einen sehr spitz geschliffenen Gypskeil, so erhält man die Farbenänderung, welche in der ganzen Reihenfolge der geradlinigen Interferenzstreifen durch die Hinzufügung einer bestimmten Absorptionsfarbe hervorgerufen wird. Bei einem langen Gypskeil kann man gleichzeitig die Farbenstreifen auf zwei Gläsern entwickeln, indem sie aus dem einen farbigen Felde in das andere übergreifen. Hierbei sieht man im Weiss des ersten Ringes allerdings eine Veränderung, aber so unbedeutend, dass ohne diese Nebeneinanderlegung zweier durch verschiedene intensive Farben gefärbter weisser Streifen man sie nicht bemerken würde, da jeder, wenn die Farbenstreifen nur auf einem farbigen Glase entwickelt werden, sie weiss nennen wird. Dieser Versuch zeigt auf eine in die Augen fallende Weise, dass durch die Mitwirkung gleichzeitig gesehener Farben eine Farbe als weiss erscheint, welche isolirt als eine farbige zu erkennen und experimental entschieden als solche nachgewiesen werden kann. Diesen Gesichtspunkt hat besonders Helmholtz in seiner Prüfung von Brewsters neuer Analyse des Sonnenlichts mit vollem Recht geltend gemacht, auch wird dadurch die Gegenbehauptung Brewsters, dass die, welche seinen Aussagen nicht beipflichten, zu der Klasse der Farbenblinden (Daltonisten) gehören, beseitigt, da von demselben Auge eine Färbung wahrgenommen wird, wenn andere Farben von der gleichzeitigen Betrachtung ausgeschlossen werden, welche verschwindet, so wie diese hinzutreten.

III. Ueber die Unterschiede monocularer und binocularer Pseudoskopie.

Im Monatsbericht der Akademie von 1851, p. 252, Farbenlehre p. 165 habe ich angeführt, daß man das durch einen Hohlspiegel entstehende umgekehrte Bild eines Gegenstandes nur vor demselben sieht, wenn man es mit beiden Augen betrachtet, daß es hingegen auf der Oberfläche des Spiegels selbst erscheint, wenn man es mit einem Auge betrachtet. Da man es dann unter demselben Gesichtswinkel in größerer Entfernung zu sehen glaubt, so vergrößert sich das mit beiden Augen gesehene Bild plötzlich, wenn man das eine Auge schließt, wie man deutlich wahrnimmt, wenn der vor dem Spiegel befindliche Gegenstand um den Halbmesser des Spiegels entfernt vor ihm steht, also das gleichgroße Bild neben das Object fällt. Noch auffallender ist die Erscheinung, wenn man einen Ring so vor dem Spiegel aufstellt, daß bei binocularer Betrachtung sein vergrößertes Bild mit dem Ringe concentrisch fällt, aber dem Auge näher liegt. Schließt man nun das eine Auge, so stülpt sich der vorher gesehene abgekürzte Kegel, dessen Grundfläche das Bild, dessen Schnittfläche der Ring ist, so um, daß man nun auf seine Schnittfläche sieht, während vorher seine Grundfläche dem Auge zugekehrt erschien. Es lag nun nahe, diese Untersuchungen auf wirkliche Körper anzuwenden. Ich betrachtete daher (Monatsber. 1851, p. 249) die sechsseitige Säule eines Holzmodels von Zinkvitriol mit einem vor das rechte Auge gehaltenen Spiegelprisma, projecirte dieses Bild auf den mit bloßem Auge gesehenen Körper, und erhielt dadurch den Eindruck, als wenn die ein convexes Ganze darstellenden Flächen des Körpers sich in einer Ebene befänden. Diese Inversion wird nun noch gesteigert, d. h. der convexe Körper wird concav, wenn man auch vor das andere Auge ein Spiegelprisma hält, d. h. den Körper mit dem von mir (pag. 193. 3) beschriebenen Prismenstereoskop betrachtet. Diese Umstülpungen erhabener in vertiefte und vertiefter in erhabene Reliefe hat Wheatstone in einer besondern Abhand-

lung »on some remarkable and hitherto unobserved phenomena of binocular vision« (Phil. Tr. 1852) ausführlich erörtert und pseudoskopische Erscheinungen genannt. Diese Bezeichnung werde ich beibehalten, finde es aber unzweckmäfsig, ein unter dem Namen Prismenstereoskop bereits von mir beschriebenes Instrument Pseudoskop zu nennen, da das blofse Auge, das Mikroskop, das Spiegelprisma ebenfalls pseudoskopische Erscheinungen zeigen, und es wohl Niemanden einfallen wird, sie deswegen in Pseudoskope umzutaufen. Wenn hingegen neuerdings behauptet worden ist, die auf diese verschiedenen Weisen erhaltenen pseudoskopischen Erscheinungen seien identisch, so ist dies nicht der Fall und Wheatstone gebührt das Verdienst, die binocularen zuerst in auffallender Weise dargelegt zu haben. Ich werde im Folgenden an katoptrischen Bildern den Unterschied monocularer und binocularer Pseudoskopie zeigen und einige Bemerkungen über das ganze Gebiet dieser Erscheinungen hinzufügen.

Monoculare Pseudoskopie.

a) Mit blofsem Auge.

Versteht man unter Pseudoskopie die scheinbaren Aenderungen der Gröfse und Gestalt von Gegenständen, welche dadurch hervorgerufen werden, dafs man die wirklichen Entfernungen verschieden oder gleich weit abstehender Gegenstände unrichtig auffafst, so sieht man unmittelbar ein, dafs das Betrachten eines Gegenstandes mit einem Auge viel eher zu solchen Täuschungen Veranlassung geben wird, als das Betrachten mit beiden. Das hat schon Aguilonius im Jahre 1613 gezeigt, indem er zum Titeltupfer des dritten Buchs seiner Optik einen Einäugigen gewählt, welcher unrichtig nach einem ihm von einem Knaben vorgehaltenen Stabe greift. Hierher gehört die Täuschung, dafs man oft in der Entfernung einen grofsen Vogel fliegen zu sehen glaubt, wenn ein kleines Insect seitlich vor dem Auge vorbeifliegt und umgekehrt auch entfernte grofse Gegenstände als nahe kleine zu sehen glaubt. Die Gestaltänderungen selbst aber zerfallen in zwei Abtheilungen, entweder Verzerrungen richtig erscheinender Objecte oder Wahrnehmung richtiger aus veränderten Darstellungen derselben. Zu der letztern Klasse gehören strenge genommen alle perspectivische Zeichnungen, die

bei Betrachtung mit einem Auge so sehr an Wahrheit gewinnen, wie man am deutlichsten an den Visirbrettern sieht, bei welchen die Gestalt eines senkrechten Gegenstandes im Verhältniß des Schattens bei schiefer Beleuchtung auf horizontalem Boden dargestellt ist. Welche bis ans Wunderbare grenzende körperliche Verwirklichung sogar durch Projectionen auf zwei lothrechte Ebenen erhalten werden können, davon gab der von van Schendel auf der Pariser Ausstellung ausgestellte *plan géométrique d'un tableau*, das Ideal eines doppelten Visirbrettes, ein merkwürdiges Beispiel.

Körperliche Gegenstände lassen sich bei Betrachtung mit einem Auge leicht aus concaven in convexe verwandeln. Schliesse ich das linke Auge, so stülpt sich, wenn ich schief in eine Ober-tasse sehe, diese sogleich um.

b) Mit bewaffnetem Auge.

Hierher gehört die bekannte Umkehrung eines Reliefs im Mikroskop, welche bei einigen sogleich, bei anderen nach längerer Betrachtung, bei manchen gar nicht eintritt. Diese Erscheinungen hat Brewster (on the conversion of relief by inverted vision, Edinb. Trans. 1844) speciell erörtert und dabei die Bemerkung gemacht, daß concave Gegenstände sich leichter umkehren als convexe. Zur Darstellung dieser Erscheinungen ist ein Spiegelprisma viel bequemer als ein Mikroskop, weil man dadurch Gegenstände von beliebiger Gröfse betrachten und ein großes Gesichtsfeld überblicken kann. Die Vorstellung, daß die Umkehrung der Beleuchtung des Bildes die Inversion veranlasse, kann durch einen entscheidenden Versuch widerlegt werden. Betrachtet man durch ein Spiegelprisma neben einander zwei galvanoplastische Medaillen, von denen die eine unmittelbar durch Niederschlag auf der ursprünglichen Medaille erhalten wurde, also hohl, die andere auf diesen Abdruck niedergeschlagen war, so kehren sich bei den an Inversion nicht gewöhnten beide Medaillen um, bei den daran gewöhnten aber nur die concave, so daß man zwei convexe sieht.

Binoculare Pseudoskopie.

a) Mit unbewaffneten Augen.

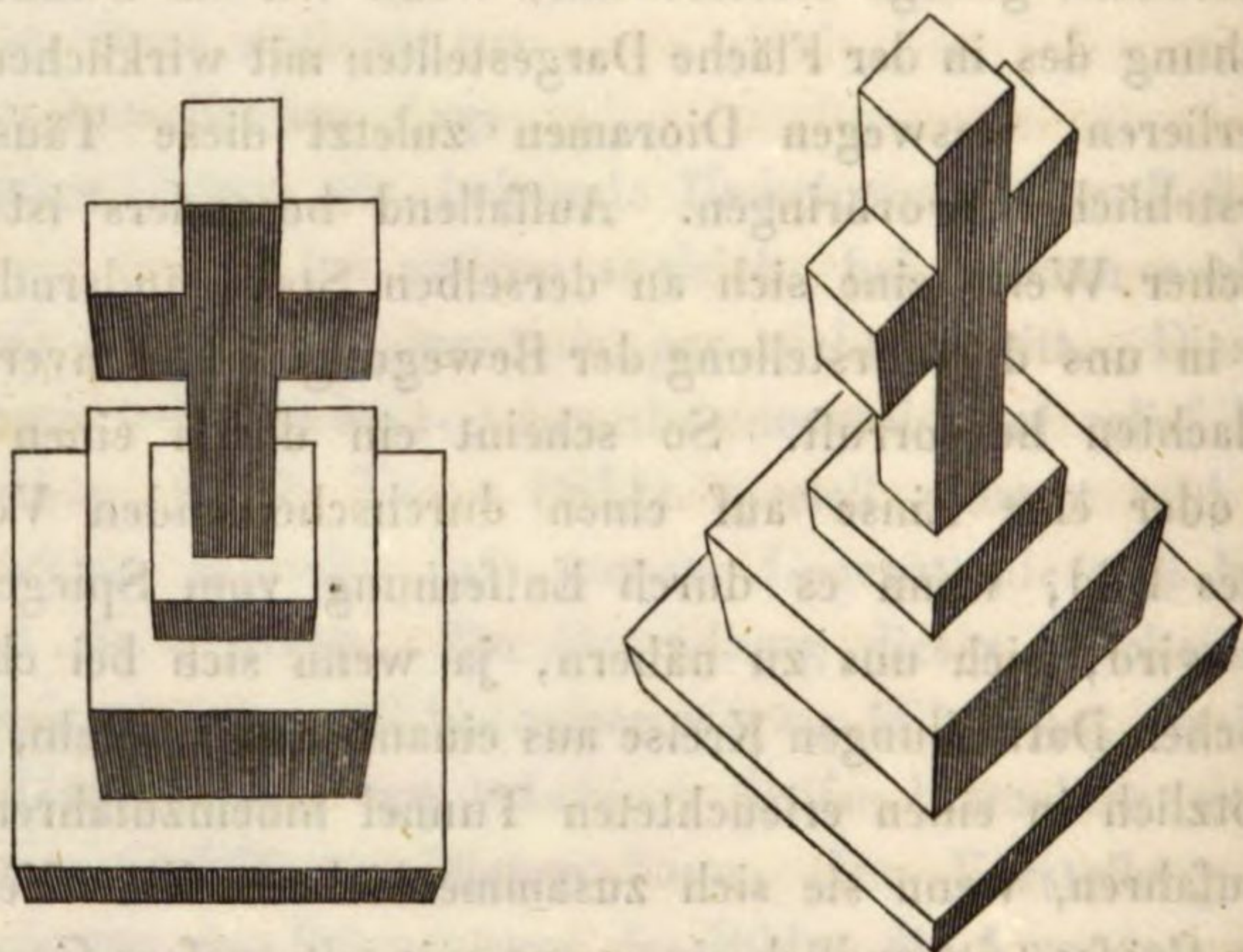
Hierher gehört nur scheinbar das Umlegen eines gezeichneten Parallelipedons, das sich umzulegen scheint, wenn man

abwechselnd die eine oder die ihr diagonal gegenüberstehende Ecke fixirt, da hier derselbe Körper in verschiedenen Lagen dieselbe Projection auf eine Fläche giebt und die Umkehrung ebenso erfolgt, wenn man abwechselnd ein Auge schließt. Bei der größern Bestimmtheit des Urtheils, welches wir durch binoculares Sehen über die Entfernung erhalten, treten die pseudoskopischen Erscheinungen auf Flächen hervor, wenn die Darstellung der Körper auf einer Fläche sich an wirkliche körperliche Gegenstände anschließt, wie bei großen Panoramen im Freien das Bild an natürliche Baumgruppen oder im Theater der gemalte Hintergrund an die Koulissen. Ohne solche Täuschung und andere Hilfsmittel gelingt dieselbe nur, wenn wir im Dunkel jede Vergleichung des in der Fläche Dargestellten mit wirklichen Körpern verlieren, weswegen Dioramen zuletzt diese Täuschung unwiderstehlich hervorbringen. Auffallend besonders ist, daß in ähnlicher Weise eine sich an derselben Stelle ändernde Darstellung in uns die Vorstellung der Bewegung eines unveränderlich gedachten hervorruft. So scheint ein durch einen Hohlspiegel oder eine Linse auf einen durchscheinenden Vorhang projecirtes Bild, wenn es durch Entfernung vom Spiegel vergrößert wird, sich uns zu nähern, ja wenn sich bei chromatoskopischen Darstellungen Kreise aus einander entwickeln, glaubt man plötzlich in einen erleuchteten Tunnel hineinzufahren, und zurückzufahren, wenn sie sich zusammenziehen. Eine Veränderung der Größe tritt endlich ein, wenn wir mit großer Geschwindigkeit uns bewegend zuerst mit uns bewegte, dann ruhende Gegenstände betrachten, oder zuerst bewegte und dann gegen uns in relativer Ruhe befindliche. Daher erscheinen anfangs auf der Eisenbahn alle Gegenstände ungewöhnlich klein, während hingegen die umgekehrte Täuschung sich meiner bemächtigte, als ich lange die vorüberfliegenden Wände eines Durchschnits auf der Eisenbahn betrachtet hatte und nun in den Wagen zurückblickte, der sich nun in einen weiten Saal zu verwandeln schien (Pogg. Ann. 71, p. 118).

b) Mit bewaffneten Augen.

In Beziehung auf Flächen gehören hierher alle stereoskopischen Darstellungen, die sich wie alle pseudoskopischen erst

allmählich entwickeln, aber dann so energisch, daß sie leicht zur Caricatur werden können. Unter 45 Grad Neigung betrachtet erscheint im Prismenstereoskop, wie Wheatstone gezeigt hat, eine richtige Zeichnung dann verzerrt, weil man bei gleicher seitlicher Ausdehnung die Zeichnung auf einer lothrechten Ebene befindlich glaubt. Es ist dies die Umkehrung des perspectivischen Visirbrettes und in der That kann man verzeichnete Darstellungen dadurch als richtige sehen. Projicirt man nämlich z. B. ein aufrecht auf einem Postament stehendes Kreuz aus der Weite des deutlichen Sehens auf eine horizontale Fläche, wie es in den beiden folgenden Holzschnitten dargestellt ist, so



erscheint das so verzeichnete Kreuz in vollkommen richtigen Verhältnissen körperlich und lothrecht, wenn man die horizontal liegende Zeichnung unter 45 Grad durch das Prismenstereoskop 3. betrachtet. Noch auffallender erscheinen nach Wheatstone Körper, deren Spiegelbilder man auf die Netzhäute der beiden Augen projicirt, d. h. wenn man sie mit dem Prismenstereoskop betrachtet. Man glaubt in einen Globus, selbst wenn er rotirt, hineinzusehen, und erblickt einen auf einem Simms vor einer Wand stehenden Gegenstand hinter derselben, die nun durchsichtig geworden. Die nachfolgenden Beobachtungen zeigen, daß diese binoculare Inversion noch stärker ist als die monoculare,

dafs sie sich zu dieser verhält, wie eine stereoskopische Anschauung zu einer perspectivischen.

Projicirt man das binocular vor den Spiegel fallende Bild eines Gegenstandes im Hohlspiegel durch Schliessen des einen Auges auf den Hohlspiegel, so erscheint es vergrößert, betrachtet man aber dasselbe durch das Prismenstereoskop, so erscheint es nun hinter dem Spiegel und daher noch viel gröfser. Aehnliches zeigt der Convexspiegel. Betrachtet man eine inwendig versilberte Glaskugel von 5 Zoll Durchmesser binocular mit blofsen Augen, so erscheinen seitlich befindliche Gegenstände entschieden convex, bei monocularer werden sie hohl, bei Anwendung des Prismenstereoskops sieht man aber in eine viel tiefere Kugel hinein und die Bilder sämtlicher Objecte auf der Innenwand derselben, die aber nun nicht mehr als Kugelfläche erscheint.

Im Allgemeinen unterscheidet sich also binoculare Pseudoskopie von monocularer durch gröfsere Verwirklichung der Täuschung, wie ein durch eine Jumelle betrachteter Gegenstand durch gröfsere Körperlichkeiten von dem durch einen einfachen Operngucker betrachteten.

Die unter dem alten Namen Gesichtsbetrüge nur unvollständig bekannten, jetzt als pseudoskopische Phänomene näher erkannten Erscheinungen sind nichts anderes als ein Zurückkehren zu den unbefangenen directen Wahrnehmungen des Kindes, welches nach dem Mond greift gerade so, wie wir die Vergrößerung eines Fernrohrs unterschätzen, da wir das deutlich Gesehene als ein in der Nähe Gesehenes ansprechen.

IV. Einfluß des Binocularsehens bei Beurtheilung der Entfernung durch Spiegelung und Brechung gesehener Gegenstände.

Der auf dem Titelbilde des dritten Buchs der Optik des Aguilonius erläuterte Satz, daß monuculares Sehen über die Entfernung des erblickten Gegenstandes in Unsicherheit lasse, gilt, wie aus dem zu Anfang der vorhergehenden Notiz angeführten Versuch mit dem Hohlspiegel hervorgeht, nicht nur für wirkliche Gegenstände, sondern auch für optische Bilder. Es war mir wahrscheinlich, daß auch in den Fällen, wo nur rückwärts verlängerte Strahlen von bestimmten Punkten auszugehen scheinen, also nicht sich kreuzend, wirkliche optische Bilder erzeugen, nur binoculares Sehen die sichere Entscheidung über die Entfernung jener virtuellen Bilder gebe, während das monoculare sie unentschieden lasse. Die nachfolgenden Versuche erläutern dies für die einfachsten Fälle, in welchen diese virtuellen Bilder entstehen.

a) Spiegelung von einer ebenen Oberfläche.

Der Satz, daß die von einem ebenen Spiegel reflectirten Strahlen so von demselben zurückgesendet werden, daß sie von einem Punkte auszugehen scheinen, der so weit hinter dem Spiegel liegt, als der strahlende Punkt vor ihm, ist ein so evident, daß man sich, glaube ich, kaum die Frage gestellt hat, ob ein Einäugiger sein Bild im Spiegel, ein mit zwei Augen sehender dasselbe hinter demselben erblicke. Da aber eine Seherichtung keine Bestimmung enthält über die Lage irgend eines Punktes in derselben, so kann höchstens die Entscheidung darüber davon abhängen, daß wir zwei Gegenstände nicht gleichzeitig deutlich sehen können, von denen die Entfernung des einen das doppelte der Entfernung des anderen ist. Fassen wir aber einen derselben scharf ins Auge, so muß die Entfernung des anderen unentschieden bleiben. Dies ist aber wirklich der Fall. Ich hielt einen kreisförmigen ebenen Spiegel von $4\frac{1}{2}$ Zoll Durchmesser so gegen

einen hellen Grund, daß ich mein Bild binocular deutlich hinter demselben erblickte. Ich schloß nun das eine Auge und sah nach einiger Zeit den Spiegel so weit zurücktreten, daß der Rand desselben nun mein Bild als Rahmen umfaßte.

b) Hebung bei der Brechung durch Planscheiben und Prismen.

s' Gravesand sagt im §. 739 seiner 1720 erschienenen *Physices elementa mathematica*: »Gegenstände, durch ein ebenes von parallelen Flächen begrenztes Glas gesehen, erscheinen in geringerer Entfernung als mit bloßen Augen. Die scheinbare Gröfse des Gegenstandes wird durch Zwischenhalten des Plan-glases vermehrt, dennoch erscheint der Gegenstand nicht im Verhältniß der vermehrten Gröfse gröfser, denn er erscheint nun in geringerer Entfernung.«

Hier ist nicht gesagt, ob von monocularer oder binocularer Betrachtung die Rede ist. Diesen Punkt hat erst Moser im Artikel Auge im fünften Bande des Repertoriums der Physik p. 393 zur Sprache gebracht. Moser bemerkt, daß man dem Gesichtswinkel in Bezug auf die Fähigkeit des Auges, die Entfernungen relativ zu schätzen, nur eine Wichtigkeit zweiten Ranges zuschreiben könne, insofern seine Hülfe nur dann dem Auge nutzen könne, wenn es mit der Gestalt des zu beurtheilenden Gegenstandes schon anderweitig ungefähr bekannt sei. Die eigentliche Art, auf welche ein Auge für sich allein die relative Entfernung der Gegenstände beurtheile, bestehe darin, daß es sich adaptire und ein Bewußtsein über die Adaptirung in sich trage. Man müsse ihm hierin ein sehr vollkommenes Gefühl zuschreiben und die Adaptirung in einem weitem Sinn nehmen, nämlich auch für solche Entfernungen zugeben, wo sie nicht mehr im Stande ist, Bilder von einer hinlänglich grofsen Deutlichkeit hervorzubringen. Die Hebung durch Brechung gesehener Gegenstände, die des Doppelbildes in Kalkspath gehöre hierher. In diesen Fällen löse ein Auge für sich allein schon die Aufgabe, die Sicherheit wachse aber bei Anwendung beider Augen, da es sich von selbst verstehe, daß dergleichen Urtheile desto sicherer werden, je mehr Hülfsmittel gegeben sind.

Die von mir angestellten Versuche sprechen gegen diese Ableitung. Der Unterschied der Hebung bei allen hier erwähnten Erscheinungen ist bei binocularer und monocularer Betrachtung so groß, daß die letztere bei dieser oft als vollkommen verschwindend bezeichnet werden muß, und wo sie noch stattfindet, in der Vergrößerung des Gesichtswinkels ihre hinreichende Erklärung findet. Wo diese unbedeutend ist, wie bei dem Kalkspath, erscheinen die Doppelbilder bei monocularer Betrachtung in einer Ebene, während bei binocularer sich eine höchst auffallende Hebung des einen zeigt. Folgende Versuche bestätigen dies.

Zwei in lebhaften Farben ausgeführte gleiche Zeichnungen von nahe zwei Zoll Seite wurden neben einander gelegt und auf die eine ein klarer Glaswürfel von derselben Seite gestellt. Binocular bei senkrechtem Herabsehen betrachtet, erschien die Fläche fast bis zur Hälfte gehoben als vollkommene Ebene, nach Schließen des einen Auges trat sie fast genau in die Ebene der daneben liegenden Fläche zurück, nur etwas größer erscheinend. Darauf wurde ein stark farbiger Glaswürfel von ein Zoll Seite unter den großen klaren Glaswürfel gestellt. Bei binocularer Betrachtung erschien der Würfel als ein vierseitiges Prisma von fast doppelter Höhe, nämlich viel höher als der darauf stehende Würfel, bei monocularer beide Würfel als Würfel in ihren natürlichen Verhältnissen. Besonders entscheidend ist aber folgender Versuch. Ich entwarf die senkrechte Projection einer abgekürzten vierseitigen Pyramide, deren quadratische Grundfläche gleich der des durchsichtigen Würfels war, mit einer Anzahl gleich weit abstehender Querschnitte. Binocular erschien diese Projection im Glaswürfel gehoben als Ebene, monocular vertiefte sie sich hingegen zu der perspectivischen Ansicht eines tiefen vierseitigen Tunnels; da nämlich im Moment des Schließens des einen Auges die Schnittfläche der Pyramide sich entfernt, so erschienen die Kanten derselben mit ihren Endpunkten an die Vorderfläche des Glaswürfels sich anzulehnen. Diese Erscheinung hat das Eigenthümliche, daß hier die Ansicht mit zwei Augen die Vorstellung einer Fläche, die mit einem die eines Körpers hervorruft.

Zeichnet man eine grössere Anzahl concentrischer Kreise in gleichem Abstand von einander und füllt die Zwischenräume derselben schwarz aus, so dafs man dadurch breite concentrische schwarze Streifen in einer weissen Ebene erhält, so erscheinen diese binocular senkrecht herab, durch ein gerades Kegelprisma betrachtet, auf der Kegelfläche zu liegen, mit einem Auge gesehen, in der ebenen Grundfläche desselben. In gleicher Weise erscheinen ebene Spiralen im ersten Falle schneckenförmig, im letzten als ebene Spiralen.

c) Brechung durch einen Kalkspath.

Betrachtet man durch ein grosses Kalkspathrhomboeder eine ebene Zeichnung binocular, so scheint das eine Bild stark über das andere gehoben, monocular beide in einer Ebene. Betrachtet man mit einem Auge dieselbe durch den Kalkspath, während man sie zugleich mit dem blofsen andern Auge fixirt, so wird der Unterschied der Entfernung beider Bilder bedeutend grösser, indem eins der durch den Kalkspath gesehenen Bilder sich mit dem mit blofsem Auge gesehenen combinirt. Hält man nämlich, indem man das Rhomboeder auf die Zeichnung legt, vor jedes Auge ein Nicolsches Prisma, so sieht man doch nur ein Bild, sowohl wenn die Polarisations Ebenen beider Nicols parallel, als auch wenn sie senkrecht auf einander. Dreht man hingegen einen der Nicols so, dafs er zwei Bilder giebt, während der andere nur eins giebt, so sieht man die Hebung in derselben Weise verstärkt, als wenn man die Zeichnung ohne Nicols betrachtet und vor das eine Auge das Rhomboeder hält.

Wenn man daher auch zugeben kann, dafs bei Betrachtung eines Körpers mit einem unbewegten Auge die verschiedene Deutlichkeit, in welche die näheren und entfernteren Theile desselben erscheinen, in uns die Vorstellung zu erregen vermag, dafs wir nicht eine Fläche, sondern einen Körper sehen, so gilt dies doch nicht für die Bestimmung der Entfernung einer Ebene, wenn wir diese durch Brechung unter einem etwas veränderten Gesichtswinkel sehen.

V. Stereoskopische Darstellung eines durch einen Doppelpath binocular betrachteten Typendrucks.

Da der Grund der Hebung des einen Bildes über das andere bei dem Doppelpath in der verschiedenen Brechung des ordentlichen und außerordentlichen Strahles zu suchen ist, so kam ich darauf, daß sich diese stereoskopisch müsse wiedergeben lassen, wenn man die Doppelbrechung durch einen doppelten Typendruck darstellte, die verschiedene Brechung beider Strahlen durch eine Verschiebung der Doppelzeile gegen die erste Zeile. Die diesem Hefte beigelegte Drucktafel I. zeigt, im Stereoskop betrachtet, in einer auffallenden Weise diese Erscheinung.

Wenn man in einem Stereoskop die für das rechte Auge entworfene Zeichnung mit der für das linke Auge entworfenen und umgekehrt diese mit jener vertauscht, so wird das convexe Relief ein concaves. Es ist klar, daß wenn man die Verwandlung des einen in das andere, d. h. bei einer abgekürzten Pyramide das Durchgehen der Schnittfläche durch die Grundfläche anschaulich machen will, das Vertauschen in der Weise stattfinden muß, daß während der ganzen Zeit dieses Vertauschens beide Projectionen im Gesichtsfeld bleiben müssen. Man erhält dies am einfachsten, wenn man eine Zeichnung, welche man mit dem einen bloßen Auge und zugleich mit dem anderen durch ein Spiegelprisma betrachtet, um 180 Grad in ihrer Ebene dreht. Ich habe dies im Berichte 1851 p. 249, Pogg. Ann. 83 p. 185 und Farbenlehre p. 193 beschrieben. Will man dieses Princip auf ein gewöhnliches Linsen- oder Prismenstereoskop anwenden, so braucht man nur die beiden Zeichnungen auf drehbare gleiche Kreise zu befestigen, und diese mittelst eines sich kreuzenden Schnurlaufes in Drehung zu versetzen. Da die von mir angegebene Erscheinung von vielen Physikern später dargestellt worden ist, so ist es möglich, daß dies auch auf diese Weise geschehen. Die letzte Modification ist, so viel ich weiß, von Hrn. Halske (Pogg. Ann. Bd. 100, p. 657) veröffentlicht worden,

welcher gezeigt hat, daß man mittelst einer complicirten Ziehvorrichtung beider Bilder in einer der Verbindungslinie beider Augen parallelen Richtung diese Bewegung der Schnittfläche senkrecht auf die Ebene der Zeichnung erhält. Es ist aber leicht dasselbe mittelst des Ziehens eines einzigen Bildes zu erhalten. Um davon eine Anschauung zu geben, habe ich auf der zweiten Drucktafel die Zeilen so abdrucken lassen, daß nun die links stehenden Zeilen statt der rechts stehenden eingerückt sind. Die vorher im Stereoskop vertieften Zeilen erscheinen nun als die erhobenen. Es ist klar, daß wenn man nun die Doppelzeilen auf einem Schlitten beweglich macht, man die Bewegung senkrecht auf die Ebene des Druckes unmittelbar sichtbar macht.

Da mit zunehmender Wärme die doppeltbrechende Kraft des Kalkspaths abnimmt, indem die rhomboedrische Form sich der Würfelform immer mehr nähert, so würde, wenn man diese Veränderung sehr weit fortsetzen könnte, der negativ doppeltbrechende Kalkspath nach dem Durchgang durch einfache Brechung sich in einen positiv doppeltbrechenden verwandeln, indem der außerordentliche Strahl, welcher bei gewöhnlicher Temperatur eine geringere Brechung zeigt, dann den außerordentlichen in der Brechung übertreffen würde. Der eben beschriebene letzte Versuch erläutert das, was sich in einem Kalkspath bei steigender Erwärmung in Beziehung auf die scheinbare Bewegung des einen Bildes zeigen würde.

VI. Anwendung des Stereoskops, um einen Druck von seinem Nachdruck, überhaupt ein Original von seiner Copie zu unterscheiden.

Die erhebliche Erhöhung, in welcher in den gedruckten Tafeln I. u. II. die Zeilen im Stereoskop über einander treten bei einer verhältnißmäßig geringen Verschiebung der Zeilen gegen einander in horizontaler Richtung, zeigt, daß hierdurch ein Mittel gegeben ist, die Verschiedenheit nicht identischer Drucke auf eine auffallende Weise sichtbar zu machen, denn es ist klar, daß wenn die Zwischenräume der einzelnen Worte nicht absolut gleich sind, die bei Betrachtung mit bloßem Auge in einer Ebene liegenden Worte treppenartig über einander treten müssen. Während der wiederholte Abdruck desselben Satzes daher alles in einer Ebene darstellt, wird jeder neue Satz ähnliche Verschiedenheiten zeigen, auch wenn er aus derselben Druckerei hervorgegangen ist und die größte Sorgfalt, eine Gleichheit zu erhalten, angewendet worden ist. Ob also bei einer neuen Auflage nur der Titel neu, läßt sich leicht beurtheilen. Was vom Druck gesagt ist, gilt natürlich von jeder Copie überhaupt. Bei der Nachbildung von Papiergeld ist bisher das Kriterium der Vergleichung, Abweichung in der Form gewesen, das hier gegebene Verfahren giebt eine viel schärfere Prüfung. Legt man nämlich ein Werthpapier und seine Copie neben einander in das Stereoskop, so wird eine für das bloße Auge nicht sichtbare Differenz in dem Abstände der Worte sich sogleich auf die angegebene Weise durch ein Hervortreten aus der Ebene des Papiers merklich machen. Durch dieses Verfahren ist also ein einfaches und scharfes Mittel gegeben, eine Copie eines Druckes oder einer Zeichnung als solche zu erkennen. Die Veröffentlichung des Verfahrens hat allerdings den Nachtheil, daß denen, welche solche Copien anzufertigen beabsichtigen, zugleich die Mittel an die Hand gegeben werden, durch das Stereoskop selbst zu prüfen, in wie fern sich die Copie dem Original anschließt, aber die Schwierigkeit, diesem Hülfsmittel gegenüber eine bis an Identität strei-

fende Uebereinstimmung zu erhalten, ist so groß, daß es eher als Abschreckungsmittel dienen kann, da die Hoffnung, eine Täuschung zu erreichen, so sehr in die Ferne gerückt wird.

Wie gering nämlich der Unterschied des Abstandes zweier Worte oder Buchstaben zu sein brauche, um das Heraustreten derselben aus der Ebene der übrigen hervorzubringen, kann gemessen werden, wenn man den in der vorigen Notiz angeführten Schieber mit einer mikrometrischen Vorrichtung versieht.

Die Banknoten können entweder vermittelt einer Druckplatte angefertigt sein, oder, wie es besonders bei verschiedenem Farbedruck der Fall ist, durch mehrere. Möglicher Weise kann, wenn die bereits mit der ersten Platte bedruckten Papiere, dem zweiten Druck unterworfen werden, in einzelnen Fällen die Lage des Papiers gegen die zweite Druckplatte eine etwas veränderte sein. Es werden sich dann alle Buchstaben und Zeichen der einen Platte, über die Buchstaben oder Zeichen der anderen erheben. Dies kann aber nicht stattfinden in Beziehung auf die Buchstaben und Zeichen derselben Platte, und dadurch giebt sich eben eine Fälschung zu erkennen, daß bei dieser innerhalb derselben Platte solche Abweichungen sich zeigen.

Der Identität echter Werthpapiere, auch wenn bei der Anfertigung derselben nur eine Platte oder ein Druck mit Typen angewendet wurde, treten noch andere Hindernisse entgegen. Wir wollen dabei davon absehen, daß wenn bei Abnutzung einer Platte dafür eine neue substituiert wird, diese der ersten nicht mathematisch gleich sei, weil sich diese Schwierigkeit ja leicht dadurch beseitigen läßt, daß das mit einer zweiten Platte gedruckte irgend wie als eine andere Serie bezeichnet wird und man dann eine Copie eben mit einem Original derselben Serie zu vergleichen hat.

Etwas anderes sind die Veränderungen, welche möglicher Weise bei Anwendung derselben Platte hervortreten können. Sie sind doppelter Art und können entstehen entweder durch Veränderungen des zu bedruckenden Materials oder durch Veränderungen der druckenden Platte.

Da das zu bedruckende Material Papier ist, so sind die hier zu betrachtenden Einflüsse Feuchtigkeit und mechanische Dehnung.

Um den Einfluß der Feuchtigkeit zu erhalten, wurde folgender Versuch angestellt. Zwei ganz gleiche durch denselben Satz erhaltene Drucke wurden im Stereoskop neben einander gelegt, so daß nur ein ebenes Bild gesehen wurde. Es wurde nun einer derselben befeuchtet und das trockene und befeuchtete Blatt so betrachtet, daß die Mitte fixirt wurde. Das Ganze erschien nun als eine continuirlich gekrümmte Fläche, die sich von der vertieften Mitte allmählich nach den erhöhten Rändern hin erhob. Sollte daher bei demselben Satz zwischen verschiedenen Exemplaren desselben eine Differenz entstanden sein, so läßt sich durch Befeuchten beider diese abgleichen.

Der Einfluß einer ungleichen mechanischen Dehnung läßt sich auf ähnliche Weise untersuchen. Die zu vergleichenden Papiere werden an der Stelle, wo sie einander berühren, befestigt und auf der anderen Seite über eine Rolle gehend durch Gewichte gespannt. Am geeignetsten, um diese Wirkung anschaulich zu machen, sind die bei Reduction durch photographische Mittel erhaltener meteorologischer Aufzeichnungen in Anwendung kommenden, mit einer aufgetragenen Längentheilung versehenen Streifen von Kautschuk. Ermittelt man für bestimmte Spannungsgewichte die GröÙe der eintretenden Veränderung, so übernimmt das Stereoskop, wie im vorhergehenden Falle die Rolle eines Hygrometers, hier die einer Federwage.

Was die Veränderungen der Druckplatten oder Stempel betrifft, so können diese möglicher Weise nicht allein in einer Abnutzung bestehen, sondern auch in einer Ausdehnung der ganzen Masse. Da mir diese Prüfung anzustellen das dazu erforderliche Material fehlte, so habe ich auf eine indirecte Weise die daraus folgenden Erscheinungen zu bestimmen gesucht.

Bekanntlich hat Baudrimont (Ann. de Ch. et de Phys. 60, p. 78) gefunden, daß die durch denselben Drathzug gezogenen Dräthe, wenn sie von verschiedenen Metallen sind, verschiedene Dicke haben, indem nämlich die Metalle verschieden elastisch sind, und sich vermöge dieser Elasticität, wenn sie aus demselben Loch heraustreten, um ungleiche GröÙen ausdehnen. Diese Ausdehnung geht daraus hervor, daß kein Drath, außer Golddrath, durch dasselbe Loch, aus welchem er unmittelbar hervorgegangen

ist, ohne Kraftanwendung wieder durchgezogen werden kann. Silber erfordert die geringste Kraft, die durch die Elasticität bewirkte Ausdehnung dauert aber noch mehrere Wochen fort.

Es war mir nun wahrscheinlich, daß bei dem Prägen von Medaillen etwas Aehnliches stattfinden werde, und daß daher Medaillen, welche in verschiedenen Metallen durch denselben Prägestempel erhalten sind, nicht gleich sein können, sondern, um mich so auszudrücken, in einem etwas verschiedenen Maßstab ausgeführt sein werden. Am geeignetsten dazu sind Medaillen, in welchen das darauf Geprägte in Beziehung auf den Rand symmetrisch geordnet ist, wie z. B. bei der Pariser Ausstellungsmedaille die Seite, in welcher um den französischen Adler in der Mitte die Wappenschilder kreisförmig herumliegen. Ich legte ein in Silber und ein in Bronze ausgeführtes Exemplar in das Stereoskop. Man sieht nach einiger Zeit diese stereoskopisch combinirte Medaille, wenn man den Adler in der Mitte fixirt, in Form eines hohlen Schildes in der eigenthümlichen Farbe einer gleichsam dadurch entstehenden Legirung. Welchen Einfluß die bei dem Erstarren einer geschmolzenen Substanz eintretende Ausdehnung oder Zusammenziehung auf einen Abguß und die Temperatur des Schmelzpunktes auf den Stempel selbst habe, konnte ich noch nicht untersuchen, da die zu dieser Untersuchung erforderlichen Abgüsse mir noch nicht zur Hand sind. Ich werde in einer späteren Notiz die Ergebnisse derselben mittheilen.

Den Einfluß der Temperatur allein erhält man, wenn man zwei Medaillen von demselben Metall combinirt, zwischen denen ein constanter Temperatur-Unterschied stattfindet. Das Bezeichnende aller dieser Veränderung ist die Continuität des Ueberganges, welche, wenn man die Mitte fixirt, eine Krümmung hervorruft, hingegen ein continuirliches Erheben oder Zurücktreten, wenn man den Rand fixirt. Der Grund dieser Verschiedenheit leuchtet sogleich ein, wenn man im Stereoskop zwei Maßstäbe mit einander combinirt, bei welchen der Abstand der Theilstriche des einen zwar nahe gleich, aber nicht identisch mit den Abständen der Theilstriche des andern. Bringt man nämlich durch Fixiren eines bestimmten Striches beider Theilungen diesen Strich der beiden Maßstäbe zur Deckung, so verhalten sich

die Theilstriche beider Maßstäbe wie ein Nonius, bei welchem die Coincidenz an jenem Striche stattfindet. Liegt nun dieser Strich in der Mitte, so ist der Sinn der Abweichung auf beiden Seiten desselben entgegengesetzt, liegt hingegen der Strich am Ende, so sind alle Abweichungen in demselben Sinn. Im ersten Falle wird daher im Stereoskop eine Krümmung sich zeigen, im zweiten ein continuirliches Aufsteigen oder Herabsteigen. Um davon eine Anschauung zu geben, habe ich auf der Drucktafel III. und IV. die Worte »Einfluß gleichmäßig wirkender Veränderungen« einmal ohne Zwischenräume zwischen den Buchstaben setzen lassen, dann mit Zwischenräumen. Fixirt man auf dem ersten Blatte, wo die weiter entfernten Buchstaben in dem rechten Felde stehen, längere Zeit den ersten Buchstaben E, so sieht man nach einiger Zeit sämtliche Buchstaben jeder Zeile in einer fast auf die Ebene des Papiers senkrechten Richtung hinter einander treten, während auf der vierten Tafel, wo die weiter von einander abstehenden Buchstaben auf der linken Seite stehen, das Umgekehrte eintritt, indem der erste Buchstabe jeder Zeile dann in der Reihe der hinterste wird. Faßt man hingegen die mittelsten Buchstaben ins Auge, so erscheinen diese am tiefsten und die Erhebung zu beiden Seiten. Je geringer nun der Unterschied des Abstandes der einzelnen Zeichen in beiden Bildern ist, desto mehr nimmt das Hervortreten die Gestalt einer continuirlichen Krümmung an.

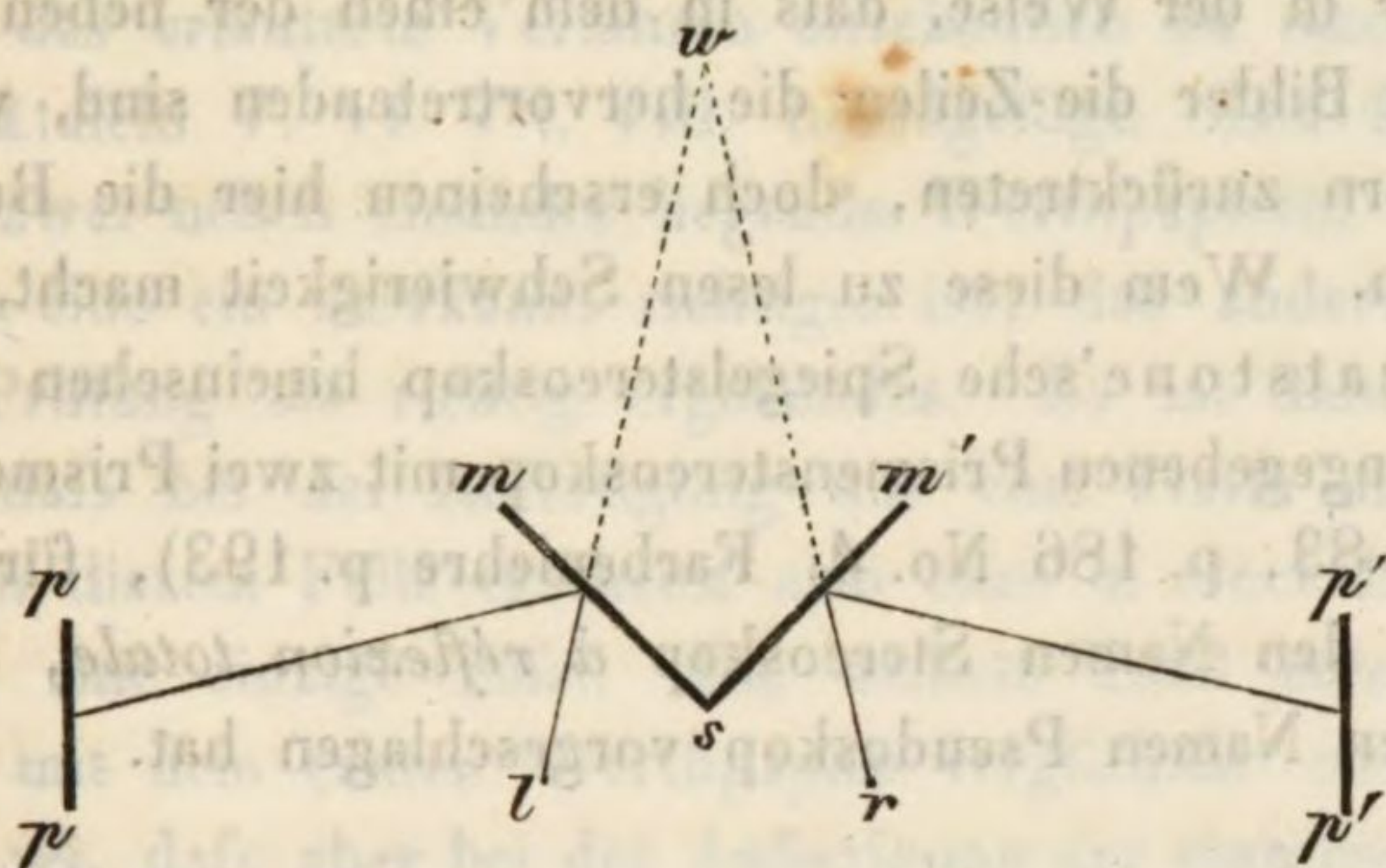
Was die Abnutzung des Stempels betrifft, so kommt hier nur in Betracht eine Ausweitung der Vertiefungen desselben oder eine Verschmälerung der Erhabenheiten. Wollen wir hier wiederum Maßstäbe als Erläuterungsmittel zu Hülfe nehmen, so haben wir anzunehmen, daß wir zwei Maßstäbe mit einander vergleichen, auf welchen dieselbe Länge in gleich viel Theile getheilt ist, bei welchen aber die Theilstriche des einen dicker sind als die des anderen. Bringen wir zwei Theilstriche zur Coincidenz, so wird diese auch für die übrigen Theilstriche stattfinden, nur daß jeder einzelne Theilstrich des einen Maßstabes über den entsprechenden des anderen um eben so viel nach rechts als nach links übergreifen wird. Es ist unmittelbar einleuchtend, daß hier keine Krümmung im Stereoskop eintreten kann,

wovon man sich auch leicht durch den Versuch überzeugt. Um bei wirklichen Stempeln eine Prüfung zu erhalten, wurde folgender Versuch angestellt. Es wurde ein Stempel in Siegellack abgedrückt. Derselbe vertiefte Stempel wurde dann stark über einer Lampe angerufst. Es wurde der Stempel dann so abgewischt, daß nur die vertieften Stellen beruht bleiben und derselbe nun abgedrückt, wodurch die Züge nun schwarz in rothem Felde erschienen. Die Combination beider Abdrücke im Stereoskop gab keine Krümmung.

In den Berichten der Akademie 1841, p. 252 und Farbenlehre p. 163 habe ich gezeigt, daß die stereoskopische Combination zweier Zeichnungen zu einem Relief auch stattfindet, wenn man diese im Dunkeln aufgestellten Zeichnungen durch den elektrischen Funken einer sich entladenden Kleistischen Flasche beleuchtet, dessen Dauer noch nicht den millionsten Theil einer Secunde beträgt. Es ist damit natürlich nicht gesagt, daß die Augen dann in dem tausendsten Theil einer Secunde tausend solcher Combinationen zu machen im Stande sind. Auch geht dies in der That aus folgendem Versuch hervor. Ich spannte zwei Saiten derselben Nummer so neben einander, daß sie sich im Stereoskop genau zu einem Bilde deckten. Es wurde nun von den beiden unisono tönenden Saiten, einmal die eine, dann die andere in horizontaler Richtung in Schwingung versetzt, während die zweite Saite in Ruhe blieb. Hätte hier eine stereoskopische Combination stattgefunden, so hätte eine Oscillation von scheinbar sehr vergrößerten Schwingungsweite in einer mehr oder minder lothrechten Ebene sichtbar werden müssen. Dies war aber nicht der Fall, da die Augen diese schnell aufeinander folgenden Combinationen nicht auszuführen vermochten. Man sieht nämlich die Schwingung so, als wenn man mit einem Auge die schwingende Saite allein betrachtet, indem das auf die ruhende fixirte Auge die Combination versagt. Da möglicher Weise bei diesem Versuch die Schwingung der Saite nicht in einer horizontalen Ebene erfolgte, so wurde der Versuch auf folgende Weise modificirt. Es wurden zwei gleiche Stimmgabeln so neben einander eingeschraubt, daß im Stereoskop die obern vierseitigen Endflächen derselben einander zu den Endflächen einer einzigen

Stimmgabel deckten. Es wurde nun eine derselben zum Tönen gebracht, während die andere nicht tönte. Es wurde darauf eine grofse Stimmgabel so aufgestellt, dafs die Endflächen beider Zinken sich zu einer deckten, und diese Stimmgabel durch Streichen ins Tönen versetzt. In beiden Fällen erschien kein Herauf- und Herunterbewegen, die Oscillation erfolgte horizontal und in derselben unvergrößerten Weise, als wenn sie mit einem Auge beobachtet wurde, ein Beweis, dafs die stereoskopische Combination nicht erfolgt. Ich halte diesen Versuch für einen neuen Beleg gegen die, von mir durch den frühern Versuch, wie ich glaube, bereits widerlegte, physiologische Theorie, dafs wir auf das Vorhandensein eines Körpers schliessen, aus der Veränderung der Convergenzpunkte der Augenachsen, indem wir abwechselnd die näheren und entfernteren Theile desselben ins Auge fassen.

Wenn das vorher angegebene Verfahren auf diese Weise ein Mittel an die Hand giebt, Längentheilungen mit einander zu vergleichen, so findet bei Kreistheilungen natürlich immer nur der zweite Fall statt, denn es ist klar, dafs da der Umfang des Kreises ein gegebener, die Fehler der Theilung sich auf die Art vertheilen müssen, dafs die an einer Stelle zu grofsen Abstände durch zu kleine an einer anderen Stelle compensirt werden müssen. Die Theilstriche erheben sich dann an einer bestimmten Stelle über die Ebene der ganzen Theilung, und gehen dann unter dieselbe herab. Ist aber an einer bestimmten Stelle ein falscher Strich, so tritt dieser unabhängig weit heraus. Dies ergab eine mit der grössten Sorgfalt angefertigte Copie einer durch eine genaue Kreistheilmaschine angefertigten Kreistheilung. Haben die beiden zu vergleichenden Kreise grofse Dimensionen, wie es z. B. bei den zu beiden Seiten eines Mittagsfernrohrs angebrachten der Fall ist, so ist es leicht, wenn die einander zugekehrten Theilungen auf einer gemeinschaftlichen Drehungsachse befindlich sind, die entsprechenden Theilstriche durch Drehung nach einander durch das Gesichtsfeld hindurchgehen zu lassen. In der folgenden Figur bezeichnet pp und $p'p'$ die Stellung der Kreise.

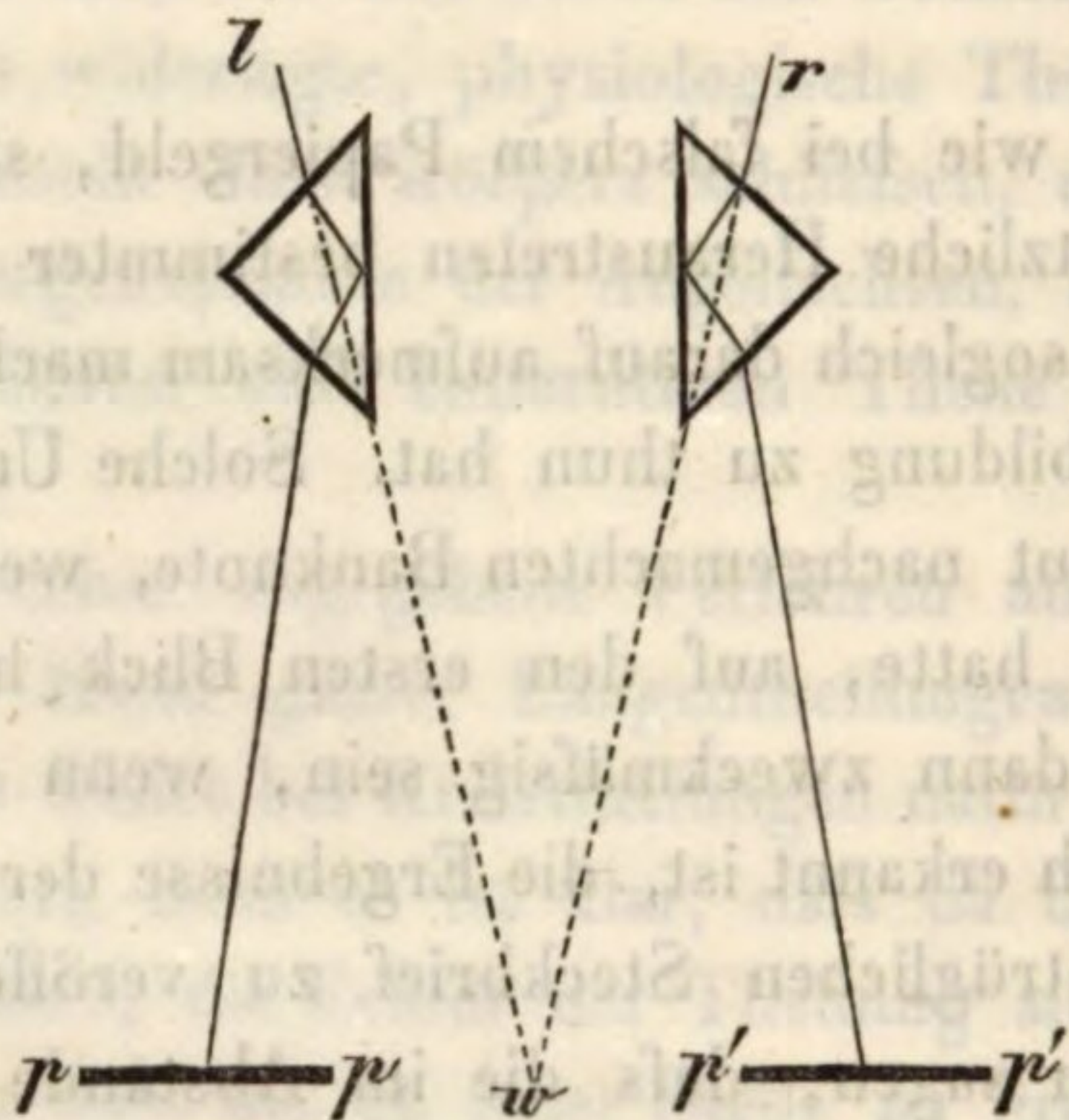


Hier also, wie bei falschem Papiergeld, sind es bestimmte Fehler, das plötzliche Heraustreten bestimmter Buchstaben oder Worte, welche sogleich darauf aufmerksam machen, daßs man es mit einer Nachbildung zu thun hat. Solche Unterschiede traten in einer sehr gut nachgemachten Banknote, welche ich zu prüfen Gelegenheit hatte, auf den ersten Blick hervor. Es wird für den Staat dann zweckmäfsig sein, wenn eine solche Note einmal als falsch erkannt ist, die Ergebnisse der stereoskopischen Analyse als untrüglichen Steckbrief zu veröffentlichen. Allerdings kann man sagen, daßs die im Abstände der Zeichen begangenen Fehler sich auch durch feine mikrometrische Messungen müssen feststellen lassen, wer hat aber Zeit, den Abstand aller einzelnen Buchstaben mikrometrisch zu messen, während das von mir angegebene Verfahren auf einen Blick die fehlerhafte Stelle erkennen läßt.

Für den hier erläuterten Zweck giebt man dem Stereoskop entweder keinen Boden, um es unmittelbar auf die zu vergleichenden Papiere zu stellen, oder man macht an der Stelle der vier lothrechten dunklen Seitenränder der Tafeln in den Boden Einschnitte, um längere Streifen der zu vergleichenden Schriften hindurchzuziehen und auf diese Weise verschiedene Stellen derselben nach einander zu prüfen.

Legt man die beiden ersten Drucktafeln gleichzeitig in ein gewöhnliches Wheatstone'sches Spiegelstereoskop, die eine auf die linke Seite desselben, die andere auf die rechte, so sieht man gleichzeitig das alternirende Hervortreten der Doppelzeilen

und zwar in der Weise, daß in dem einen der neben einander stehenden Bilder die Zeilen die hervortretenden sind, welche in dem andern zurücktreten, doch erscheinen hier die Buchstaben als Typen. Wem diese zu lesen Schwierigkeit macht, kann in das Wheatstone'sche Spiegelstereoskop hineinsehen mit dem von mir angegebenen Prismenstereoskop mit zwei Prismen (Pogg. Ann. Bd. 83, p. 186 No. 4. Farbenlehre p. 193), für welches Moigno den Namen Stereoskop à réflexion totale, Wheatstone den Namen Pseudoskop vorgeschlagen hat.



Um bei großen Platten zunächst ungleiche Stellen aufzufinden, muß man dem Wheatstone'schen Spiegelstereoskop die Einrichtung geben, daß man darin Platten von beliebiger Größe aufstellen kann, welches man dadurch leicht erhält, daß die Spiegel nicht zwischen zwei Brettern befestigt, sondern nur auf einem aufgestellt werden und für die einzulegenden Blätter nur die untere Rinne bleibt, während die obere wegfällt. Man kann zur Inversion der als Typen erscheinenden Buchstaben mit einem solchen Stereoskop das Prismenstereoskop dann ein für allemal verbinden. Handelt es sich darum, die Identität zweier Sätze derselben Worte in Typen oder zweier Kupferplatten vor dem Abdruck zu prüfen, so wendet man dieses Stereoskop unmittelbar auf die neben einander gelegten Platten an. Bei Anwendung des Spiegelstereoskops ist es zweckmäßig, vorn zwei Vergrößerungsgläser anzubringen.

Um das erläuterte Verfahren anschaulich zu machen, sind die Drucktafeln V. VI. VII. VIII. hinzugefügt. Die fünfte bezeichnet zwei neben einander liegende Werthpapiere, von welchen das eine ein anerkannt richtiges ist, das andere ein sich bei der Prüfung als richtig ergebendes. Es ist dabei vorausgesetzt, daß bei der Anfertigung nur eine Platte angewendet wurde, in diesem Falle erscheint also alles in einer Ebene und zwar als eine einzige Tafel. Die sechste Tafel setzt voraus, daß das mit dem echten Werthpapier verglichene ebenfalls ein richtiges sei, daß aber bei der Anfertigung der einzelnen Werthpapiere, bei welcher mehrere Platten angewendet wurden, von denen gewisse Zeilen durch die eine Platte, andere durch die andere gedruckt wurden, das Papier bei Anwendung der später druckenden Platten nicht stets eine identische Lage gehabt habe, wodurch hervorgebracht ist, daß zwar alles einer Platte Angehörige in einer Ebene liegt, die Zeilen der einen Platte aber gegen die der anderen hervortreten. Die siebente Tafel giebt die Vergleichung eines gefälschten Papiers mit einem echten, bei dessen Anfertigung eine einzige Platte angewendet wurde. Die achte Tafel endlich dasselbe unter der Voraussetzung, daß bei dem echten mehrere Druckplatten angewendet wurden. Die hier sich ergebenden Fehler sind folgende, nämlich für die siebente Tafel:

Erste Zeile. Sie tritt als Ganzes über alle übrigen Zeilen hervor. In dem ersten Worte Liegt tritt der Buchstabe g gegen die übrigen deutlich hervor, die Worte ein echtes und bilden eine herabgehende Treppe, wo ein die höchste Stufe bildet. Das Wort falsches steht wiederum höher als das vorhergehende.

Zweite Zeile. In dem Worte Geldpapier treten die beiden p etwas hervor und die Worte neben einander etwas gegen Geldpapier zurück. Das darauf folgende Komma springt aber so viel heraus, daß es vollkommen in der Luft zu schweben scheint, noch mehr so, gegen welches er sich etwas erniedrigt.

Dritte Zeile. scheinen einzelne Worte liegt mehr in einer Ebene, doch springt das folgende Komma ganz weit

hervor. Buchsta tritt ebenfalls hervor, aber nicht so weit als das Komma.

Vierte Zeile. ben und Zeichen bildet eine aufsteigende Treppe, bei welcher die zweite Stufe höher ist als die erste. Die Worte über die übrigen liegen nicht in einer Ebene, auch das g im letzteren Worte nicht in der Ebene der übrigen.

Fünfte Zeile. Richtig.

für die achte Tafel:

Erste Zeile. Ist bei steht höher als Anwendung, welches noch erheblicher gegen die folgenden Worte mehrerer Platten zurücktritt. Auch diese Worte liegen nicht in einer Ebene, nämlich Platten höher als mehrerer.

Zweite Zeile. Die ganze Zeile bildet eine von links aufsteigende Treppe. In den beiden Worten Anfertigung und Originals treten außerdem die drei g aus der Ebene der übrigen Buchstaben heraus.

Dritte Zeile. Das Wort falsch tritt heraus gegen die umgebenden Papier und so, das letzte Wort den etwas gegen in.

Vierte Zeile. Die ganze Zeile bildet eine von der Linken nach der Rechten hinaufsteigende Treppe.

Fünfte Zeile. Die letzten Buchstaben des ersten Wortes treten etwas zurück gegen die übrigen.

Nachdem die Wissenschaft in der Daguerreotypie, Photographie und Galvanoplastik so mächtige Mittel treuer Nachbildung geliefert hat, ist es wohl an der Zeit, daß sie einmal die entgegengesetzte Richtung verfolge, und auf die Auffindung von Methoden bedacht sei, das Nachgebildete von seinem Original zu unterscheiden.

VII. Ueber das elektrische Licht.

Nachdem **Frauenhofer** zuerst gezeigt hatte, daß das Spectrum des elektrischen Funkens durch eine sehr helle Linie im Grün und eine etwas weniger leuchtende im Orange sich von dem des Sonnenlichts unterscheide, ist die prismatische Analyse desselben besonders durch die Untersuchungen von **Wheatstone**, **Masson** und **Ångström** vervollständigt worden. **Wheatstone** hat gezeigt, daß die Linien verschieden sind nach der Natur der Metalle, zwischen welchen der Funke überschlägt, und daß, wenn man ihn zwischen zwei verschiedenen Metallen erregt, das Spectrum vereint die Linien zeigt, welche man wahrnimmt, wenn man nach einander ihn zwischen gleichartigen Kugeln jedes der beiden Metalle erregt. Dasselbe gilt nach **Ångström** für gleichartige Kugeln aus einer Legirung beider Metalle. **Masson** hat nachgewiesen, daß der Ungleichheit des Spectrums bei Anwendung verschiedener Metalle ungeachtet, bestimmte Linien als gemeinsame in denselben sich zeigen und dadurch hat sich die Ansicht als die natürlichste dargeboten, daß das Licht des Funkens ein gemischtes sei, aus directer Lichterregung in dem Medium, in welchem der Funke hervorgerufen wird, und glühend fortgeschleuderten Theilchen der Kugeln, zwischen welchen der Funke überschlägt. Für diese Ansicht hat besonders **Ångström** neue Belege dadurch erhalten, daß er den in verschiedenen Gasarten entwickelten Funken prismatisch analysirt hat.

Eine zusammengesetzte Erscheinung kann man indirect untersuchen dadurch, daß man die Componenten verändert, welche in sie eintreten, oder diese isolirt darzustellen sucht. Von dem Spectrum eines glühenden Platindraths hat **Draper** gezeigt, daß es keine Linien enthält, also in strengem Sinne weiß ist, während man über das eigentliche elektrische Licht ohne Glühphänomene nur die Beurtheilung seiner Farbe mit bloßem Auge besitzt. Die unter dem Namen elektrisches Büschel, Glimmen, Unterbrechung des Funkens bekannten Lichterscheinungen sind

so unbeständig und so schwach leuchtend, daß sie eine scharfe prismatische Analyse äußerst schwierig, ja in mehreren Fällen fast unmöglich machen. Das Urtheil über die Farbe einer gleichartigen Beleuchtung ist aber höchst täuschend. Die bei Tage gelbe gewöhnliche Gasflamme, selbst das bei Tage orange Licht einer Oellampe erscheint weiß im Dunkeln. Daher kann man von vorn herein schon vermuthen, daß das Auge über die Farbe der schwächern elektrischen Lichterscheinungen nur ein sehr unsicheres Urtheil abgeben wird. Viele derselben sind so schwach, daß zu ihrer genauen Wahrnehmung sie den Ausschluß jeder andern Lichtquelle erheischen und bekanntlich hat Prevost schon bemerkt, daß man bei farbiger Beleuchtung zuletzt das Hellste als weiß ansieht. Die Farbe einer Lichtquelle kann aber auch dadurch untersucht werden, daß man sie durch farbige dioptrische Medien absorbiren läßt, oder katoptrische Farben in ihrer Beleuchtung untersucht. Dieser Methode habe ich mich bedient, um die schwächern elektrischen Lichterscheinungen mit denen des Funkens zu vergleichen.

Der elektrische Büschel kann auf doppelte Weise erregt werden, entweder dadurch, daß man die Spitze am positiven Hauptconductor selbst anbringt, oder an einem zweiten Conductor, in welchen aus dem Hauptconductor continuirlich Funken überschlagen. Im ersteren Falle sind die Strahlen desselben dichter, aber weniger verästelt und ausgebreitet, das hellere röthlich violette Licht aber, aus welchem sich die Strahlen entwickeln, intensiver, so daß der ganze Büschel davon durchleuchtet erscheint. Im zweiten Falle übernimmt der zwischen den beiden Leitern überschlagende Funke fast vollständig die Rolle jenes hellen Fußpunktes des Büschels, dessen Strahlen aber nun weit mehr sich verästeln. Ein ähnlicher Unterschied zeigt sich in der Bildung der Lichterscheinung in einem großen ausgepumpten elektrischen Ei. Befindet sich der durch die Stopfbüchse gehende obere Leiter in unmittelbarer Berührung mit dem Hauptconductor, so ist der röthlich violette, lothrecht herabgehende Lichtstrom intensiv, während das diffuse Licht des übrigen Raumes schwach ist, läßt man hingegen in den obern Leiter continuirlich Funken einschlagen, so vermindert sich die Intensität des lothrechten

Lichtstromes, während der ganze Raum von bandartigen, ihre Form unaufhörlich ändernden weißlichen Lichtstreifen erfüllt wird. Schon dies macht es wahrscheinlich, daß der senkrechte Lichtstrom der im leeren Raume in die Länge gezogene Fußpunkt des Büschels ist, die weißen Bänder hingegen den Strahlen desselben entsprechen.

Betrachtet man durch ein tiefblaues Kobaltglas von einem halben Zoll Dicke, welches die Mitte des Spectrums auslöscht, den Büschel, so sieht man die Verästelungen desselben noch sehr deutlich, während sie in einem rothen Ueberfangglase vollständig verschwinden. Ein grünes Glas, welches das rothe so verdunkelt, daß man bei gewöhnlichem Tageslicht bei Uebereinanderlegen beider ein Brett vor den Augen zu haben meint, läßt die Strahlen des Büschels ebenfalls, aber schwächer als ein Kobaltglas hindurch. Eine blaue Zeichnung in rothem Felde erscheint, von den Strahlen des Büschels beleuchtet, hell auf dunklem Grund, eine rothe im blauen Felde dunkel auf hellem Grund, also so, als wenn man sie bei Tageslicht durch das tiefblaue Glas betrachtet. Die Strahlen des Büschels erscheinen, durch ein gleichseitiges Prisma von Guinandschem Flintglase, in welchem ich mehrere der Frauenhoferschen Linien des Tageslichtes mit bloßem Auge sehe, betrachtet, in fast unveränderter Farbe, nur etwas breiter, während der helle Fußpunkt des Büschels ein Spectrum giebt, in welchem roth, grün und violett lebhaft hervortritt und sich von dem eines kleinen Funkens kaum unterscheidet. Die Vergleichung erhält man am besten, wenn man den mit der Spitze versehenen zweiten Leiter abwechselnd mit dem Conductor in Berührung bringt und dann entfernt. Das am Fußpunkt des Büschels wahrgenommene Spectrum überträgt sich dann an die Unterbrechungsstelle, wo die Funken einschlagen. Ganz analog ist die Erscheinung im elektrischen Ei. Der lothrechte Lichtstrom giebt ein vielfarbiges Spectrum von einem sehr breiten blauen Saume, einem ebenfalls breiten grünen und schmalen rothen Streifen, und ist durch ein rothes Glas schwach sichtbar, während die bandartigen Streifen durch das Kobaltglas in voller Deutlichkeit gesehen werden, aber in dem rothem Ueberfangglase vollständig absorbirt werden.

Das im Dunkel lebhaft weisse Licht einer leeren Glasröhre, in welcher sich etwas Quecksilber befindet, welches im Tageslicht bläulich grün erscheint, ist durch das rothe Ueberfangglas nicht sichtbar, aber sehr deutlich durch ein grünes und etwas weniger lebhaft durch das tiefblaue. Hält man die Röhre an den Conductor, so leuchtet sie längere Zeit ununterbrochen und das Spectrum enthält ausser blau und grün noch eine schwache Spur von roth. Ich habe mir farbige Spiralen auf weissen Grund entworfen, welche, durch bestimmte gleichfarbige Gläser betrachtet, so verschwinden, dass man die ganz weisse Rückseite bei dem Umwenden nicht von der zu unterscheiden vermag, auf welcher die farbige Spirale entworfen. Durch die Quecksilber-röhre im Dunkeln beleuchtet, gelingt ohne farbiges Glas dieser Versuch mit einer Spirale von schweinfurter Grün, das Licht in der Quecksilberröhre hat also die Farbe dieser Spirale.

Der elektrische Funken ist durch alle farbigen Gläser in der Farbe derselben deutlich sichtbar. Katoptrische Farben, von ihm momentan beleuchtet, erscheinen deutlich, ebenso Interferenzfarben, wenn ich den Funken einer sich selbstentladenden Flasche durch die Objectivlinie meines Polarisationsapparates auf der Oeffnung des polarisirenden Nicols concentrirte, und die bei schneller Rotation des Nicols in continuirlicher Beleuchtung farblos erscheinende Kalkspathplatte zeigt das Ringsystem dann deutlich, verhält sich also ganz wie die gefärbten Sektoren eines rotirenden Farbenkreisels. Während die Natur der Metalle auf das Spectrum des Funkens Einfluss äussert, blieben die Absorptionserscheinungen der Strahlen des Büschels unverändert, wenn ich es aus Gold, Platin, Iridium, Nickel, Eisen, Wismuth, Zinn, Zink, Kupfer oder aus einem auf den Conductor gespritzten Wassertropfen entwickelte, übereinstimmend mit Faraday's Beobachtungen. Während die Einschaltung eines nassen Fadens das Licht des Funkens wesentlich modificirt, zeigt sich das aus einem durch einen nassen Faden mit dem Hauptconductor verbundenen Leiter entwickelte Büschel unverändert. Hingegen tritt das Leuchten eines Uranglases in gleicher Lebhaftigkeit bei den Büscheln und Funken hervor. Zwischen den Lichterscheinungen eines Rumkorf'schen Apparates und denen einer Elektrisirmaschine

habe ich keinen wesentlichen Unterschied gefunden, sowohl was die Funken und Büschel in der Luft, als das Leuchten im elektrischen Ei betrifft.

Der Funke einer Elektrisirmaschine erscheint oft an einer Stelle durch ein schwächeres violettes oder röthliches Licht unterbrochen. Diese Unterbrechungsstelle liegt in der Regel dem negativen Ende näher, und man kann leicht durch eine entsprechende Entfernung eines neben dem Conductor gestellten, nicht isolirten Leiters einen Funkenstrom erhalten, der am Conductor weiß, am daneben stehenden Leiter gefärbt erscheint. Dieser weniger leuchtende Theil ist aber durch ein rothes Glas sehr deutlich sichtbar, unterscheidet sich also von dem Büschellicht.

Die vorhergehenden Versuche scheinen mir in Verbindung mit den Ergebnissen der prismatischen Untersuchung des Funkens zu folgendem Ergebniss zu führen.

Ein durch Erwärmung glühend werdender Drath ist zuerst roth, dann orange, endlich weiß, verhält sich also wie die Vereinigung des Lichtes, welches man erhält, wenn man einen Schirm vor dem durch denselben verdeckten Spectrum wegzieht, so daß zuerst das rothe Ende sichtbar wird, dem zuletzt sich das violette hinzufügt. Ganz anders verhält sich die Steigerung der Helligkeit von dem schwach leuchtenden Büschel zum hellen Funken. Hier ist es, als wenn der weggezogene Schirm zuerst das violette Ende frei machte, dann die andern Farben. Schon dieser Unterschied macht es unwahrscheinlich, daß die elektrischen Lichterscheinungen im Stadium geringer Helligkeit einem allmählich zunehmenden Glühen fester Theile zugeschrieben werden können. Sie verhalten sich vielmehr wie die schwach leuchtende Flamme des Wasserstoffs, welche durch feste glühende Kohle in den sogenannten Gasflammen oder durch andere feste Körper, wie bei dem Drummondschen Licht, weiß wird. Das eigentliche elektrische Licht entsteht in dem umgebenden isolirenden luftförmigen Medium, auf große Entfernungen hin, wenn dasselbe verdünnt wird. Mit diesem farbigen, dem stark brechbaren Theile des Spectrums angehörigen Lichte können sich nun Glühphänomene verbinden durch fortgerissene Theile des positiven und negativen Körpers. Sind diese Theilchen nur roth-

glühend, so entsteht aus der Mischung derselben mit dem elektrischen Licht der Eindruck eines violetten Lichtes. Hierher gehört die Lichtsäule im elektrischen Ei und der Fußpunkt des Büschels, endlich die zackigen röthlichen Funken einer Elektrisirmaschine, auf Entfernungen hin, wo ein weißer Funke nicht überschlägt. Erreichen weißglühende Theilchen einander, so ist, wie bei Flaschenfunken das Ganze weiß, da gegen das helle Glühlicht das schwächer erleuchtete elektrische so verschwindet, wie bei einer Gasflamme der schwach bläuliche untere Theil im Gegensatz der hellen Lichtmasse schwarz erscheint, während dieser bei der geringen Helligkeit eines Wachslichtes auch ohne optische Hülfsmittel der Absorption seine Farbe verräth. Nur die prismatische Analyse und die Wirkung auf das Uranglas deutet auf die Mitanwesenheit des elektrischen Lichtes. Erreichen die weißglühenden Theilchen einander nicht, so erhält der Funke eine Unterbrechungsstelle, die aber noch rothes Licht aufer dem eigentlich elektrischen zeigt, wenn die vorher weißglühenden Theilchen sich bis zum Rothglühen abgekühlt haben. Der Fußpunkt des Büschels, welcher zurücktritt gegen das größere Feld, in welchem das elektrische Licht sichtbar wird, ist der Unterbrechungsstelle des Funkens zu vergleichen, die hier noch rothglühenden Theilchen des festen Körpers mögen, in größere Entfernung gelangend, vollkommen erlöschen, so daß dann allein das elektrische Licht sich geltend macht. Durch eine unter den Büschel gehaltene, durch Kochsalz gelb gefärbte Weingeistflamme den Büschel zu färben, gelang nicht, da er sich dann in einen Funken verwandelt. Die Erscheinungen der leeren Röhre mit Quecksilber deuten die Modification an, welche das elektrische Licht in andern Medien als die atmosphärische Luft erfährt.

VIII. Unterschied der prismatischen Spectra des am positiven und negativen Pol im luftverdünnten Raume hervortretenden elektrischen Lichtes.

Wenn ich nicht irre, hat Quet zuerst beobachtet, daß wenn man das elektrische Ei so vollständig als möglich entleert und die hineinreichenden metallischen Drähte mit einem Rumkorf'schen Apparat verbindet, an diesen zwei Lichterscheinungen hervortreten, welche durch Farbe, Gestalt und Lage verschieden sind. Die eine derselben stellt sich als ein blaues Licht dar, welches den negativen Pol gleichmäfsig umgiebt, das zweite Licht hingegen ist feuerroth, haftet am positiven Pole und breitet sich von da nach dem negativen Pole aus, ist aber von dem Lichte desselben durch einen dunkeln Raum geschieden. Bequemer läßt sich diese Erscheinung untersuchen, wenn man die Dräthe in leer gemachte Röhren einschmilzt, wie sie von Geisler in Bonn in grofser Vollendung angefertigt werden.

Untersucht man die beiden Lichtmassen durch Absorption in farbigen Gläsern oder dadurch, daß man durch sie farbige Pigmente beleuchten läßt, so sieht man sogleich, daß von homogener Farbe hier nicht die Rede ist, denn beide Lichtmassen sieht man sehr deutlich durch ein $\frac{1}{4}$ Zoll dickes Kobaltglas, auch erscheint der ganze Raum, welchen sie einnehmen, rothleuchtend in einem rothen Ueberfangglase, beide Lichtmassen werden gelblich durch eine dicke Schicht gelben Glases, und nehmen einen bräunlichen Ton an, wenn man sie durch ein Lineal von Uranglas, welches unter ihrem Einfluß fluorescirt betrachtet, während dieses selbst porcellanartig weiß erscheint, wenn man durch Reflexion des elektrischen Lichtes von der äufseren Fläche desselben dies mit dem aus dem Innern austretenden fluorescierenden verbindet. Beide Lichtmassen verschwinden in der Combination eines Kobaltglases und rothen Ueberfangglases, welche allein das äufserste homogene roth hindurchläßt. Verschiedenartige Pigmente lassen sich deutlich ihrer Farbe nach erkennen,

wenn sie von dem positiven oder negativen Lichte beleuchtet werden.

Läfst man aber das Licht durch eine enge Spalte hindurchgehen und analysirt man dasselbe durch ein gleichseitiges Prisma von Flintglas oder Schwefelkohlenstoff im Minimum der Ableckung, so erhält man durchaus verschiedene Spectra des positiven und negativen Lichtes.

Eine birnförmige Geisler'sche Röhre von 7 Zoll Länge ergab Folgendes: das Spectrum des blauen Lichtes am negativen Pole zeigte einen breiten schwarzen Streifen im blauen Lichte und einen zweiten gleich breiten an der Grenze des Blau und Grün, einen sehr schmalen an der Grenze des Gelb, keinen im Roth. Das Licht des positiven Poles gab ein continuirliches Violett und Blau, mehrere schmale Striche im Grün, einen sehr schwarzen Strich an der Grenze des Gelb und einen schmalen dunkeln Streifen mitten im Roth. Gerade die Farben also, welche in dem einen Spectrum discontinuirlich erscheinen, sind es nicht im anderen.

Eine zweite Röhre gleicher Länge kugelförmig in der Mitte und mit kegelförmigen Ansätzen an beiden Enden zeigte am negativen Pole dieselbe Erscheinung, aber im Licht am positiven Pole aufser den früher angeführten Streifen zwei schmale dunkle Streifen im Blau.

Die in die Glasröhren eingeschmolzenen Dräthe waren von Platina. Im elektrischen Ei von cylindrischer Form zeigte sich zwischen Spitzen von Messing das negative Licht übereinstimmend mit dem in den Röhren, nur mit dem Unterschiede, daß das Licht zwischen den beiden breiten schwarzen Streifen grünlicher erschien, etwa so, wie der Raum zwischen F und b des Sonnenspectrums, im Spectrum des positiven Lichtes erschienen aufser den Streifen im Roth und Grün und an der Grenze des Gelb noch mehrere schmale im Blau.

Wurde die Spitze am negativen Pole mit einer Kugel vertauscht, während die des positiven Poles unverändert blieb, so trat jetzt auch im Roth des negativen Lichtes ein schmaler dunkler Streifen hervor bei sonst unveränderter Erscheinung, während nun auch im positiven Lichte zwei starke dunkle Streifen

im Blau sichtbar wurden. Die früher gesonderten Erscheinungen traten jetzt in beiden Spectris mehr mit einander verbunden auf, d. h. die Erscheinung stellte sich so dar, als wenn dem positiven Lichte etwas negatives, und eben so dem negativen etwas positives beigemischt wäre. Außerdem zeigt das negative Licht unter den verschiedenen Abänderungen des Versuchs eine grössere Beständigkeit als das positive. In jedem einzelnen Falle bleiben die Spectra aber verschieden, wovon man sich am leichtesten überzeugt, wenn die Spalte so lang ist, daß man gleichzeitig beide Spectra, durch den dunkeln Raum geschieden, eins in der Verlängerung des andern übersieht.

Zur Vergleichung mit dem Spectrum des Funkens wurden die Spitzen eines Funkenmikrometers durch den Glasfaden eines Haarbüschels verbunden und dadurch ein geradliniger Funkenstrom erhalten, in welchem die charakteristischen hellen Linien sehr lebhaft hervortraten. Von diesen hellen Linien zeigte sich keine Spur in den Spectris des luftverdünnten Raumes.

Discontinuirliche Spectra der erwähnten Art erscheinen bei farbigen Flammen oder wenn eine weiße Lichtquelle der Absorption farbiger Gasarten unterworfen wird. Da nun der die Pole scheidende Raum nicht absolut leer ist, so könnte man annehmen, daß entweder verschiedene gasförmige Körper sich an den Polen befinden oder ein und derselbe in modificirtem Zustande. Beides setzt aber wohl eine gewisse Dauer der Wirkung der Pole voraus und eine mit dieser sich steigernde Wirkung. Schaltet man aber zwischen dem galvanischen Apparat und dem Rumkorf'schen einen Stromwender ein, so vertauschen sich die beiden Spectra augenblicklich mit einander und bleiben dann unverändert fortbestehen. Dies spricht gegen die oben erwähnte Annahme.

Bei dem Ablenken der Lichterscheinung durch einen starken Magnet habe ich keine Veränderung des Spectrums wahrgenommen.

Röhren, welche beim Einschalten zwischen den Polen erfüllt erscheinen von einem bläulich weißen Lichte mit den charakteristischen Querstreifen, die beim Umwenden des Stromwenders ihre concave Krümmung in eine convexe verwandeln, geben

ein Spectrum, dem jene starken Unterbrechungen ganz fehlen. Schmälere Streifen habe ich nur im Grün bemerkt, nicht in den andern Farben wenigstens in den von mir untersuchten Röhren.

Die Analogie der elektrischen Lichterscheinungen im luftverdünnten Raume mit denen des Nordlichts hat sich von je her so unmittelbar den Naturforschern dargeboten, daß man früher jene ein künstliches Nordlicht nannte, und in der That erinnert das Feuerroth des positiven Poles lebhaft an das charakteristische Roth mancher Nordlichter, wenigstens an zwei unter den zahlreichen, welche ich in den dreißiger Jahren in Berlin gesehen habe. Die so auffallende Eigenthümlichkeit der Spectra des elektrischen Lichtes im leeren Raume eröffnet die Aussicht durch prismatische Analyse des Nordlichts über die elektrische Natur desselben entscheiden zu können.

IX. Anwendung metallischer Belegungen als Blendgläser.

Bei Beobachtungen einer sehr intensiven Lichtquelle bedürfen wir einer Schwächung derselben, welche entweder ohne Farbenänderung derselben hervorgebracht werden kann, oder mit einer solchen verbunden ist. Zu der ersten Methode eignen sich vorzugsweise Polarisationsapparate, entweder eine Combination zweier Nicolschen Prismen, die gegen einander gedreht werden, oder Polarisationsvorrichtungen durch ebene Spiegel. Bei jenen bleibt die Sehrichtung unverändert, aber durch zwei hinter einander gestellte Nicols wird das Sehfeld sehr beschränkt, und wenn diese in einem Fernrohr von einander getrennt angebracht werden, so complicirt dies wesentlich die Construction desselben. Was aber die Spiegelungsvorrichtungen betrifft, so kommt man dabei aus der Sehrichtung, was immer unvortheilhaft ist und selbst bei drei unter 45 Grad geneigten unbelegten Spiegeln, deren Spiegelungsebene senkrecht auf einander, ist zwar die Richtung parallel, aber tritt aus der Achse des Instruments heraus. Dies sind wohl die Gründe, warum man die Schwächung stets durch farbige Plangläser überall hervorbringt, wo es sich um Messung handelt.

Seitdem es Böttcher und Liebig durch das Belegen des Glases mit Silber gelungen ist, Spiegel von ausgezeichneter Wirkung hervorzubringen, ja diese Spiegel mit glänzendem Erfolge von Steinheil zur Anfertigung von Spiegelteleskopen verwendet, scheint mir eine andere Anwendung solcher Spiegel mit metallischer Belegung ebenfalls empfehlenswerth. Ein belegtes ebenes Planglas kann durch Politur der metallischen Belegung als ein wirksamer Spiegel wirken und demungeachtet kann die Schicht so dünn sein, daßs sie die Strahlen intensiver Lichtquellen noch hindurchläßt. Die bei Silber eintretende blaue Färbung wirkt bei schwächeren Lichtquellen so wenig störend, daßs man die hierdurch gesehenen Gegenstände in ihren natür-

lichen Farben zu erblicken glaubt und auch bei Meßinstrumenten kann es vorthellhaft sein, das auf der metallischen Belegung gespiegelte Licht eines Gegenstandes mit einer durch dasselbe hindurch gesehenen intensiven Lichtquelle zum Decken zu bringen. Bei der Schwierigkeit, gute farbige Blendgläser zu erhalten, scheint mir daher diese Anwendung eine Beachtung zu verdienen, da man es in der Hand hat, den Grad der Verdunkelung beliebig zu erhöhen, ohne die Dicke des Blendglases merklich zu verändern.

Farbenänderung derselben hervorbringt. Zu der ersten Methode eignen sich eine solche Verbindung ist. Zu der zweiten Methode eignen sich vorzugsweise Polarisationsapparate, entweder eine Combination zweier Nicol'schen Prismen, die gegen einander gedreht werden, oder Polarisationsvorrichtungen durch ebene Spiegel. Bei jenen bleibt die Schichtung unverändert, aber durch zwei hinter einander gestellte Nicols wird das Schiefbild sehr beschränkt, und wenn diese in einem Fernrohr von einander getrennt angebracht werden, so complicirt die wesentlich die Construction derselben. Was aber die Spiegelungsvorrichtungen betrifft, so kommt man dabei aus der Schichtung, was immer unvorthellhaft ist und selbst bei drei unter 45 Grad geneigten nebeneinander liegenden Spiegeln, deren Spiegelungsebene senkrecht auf einander ist, zwar die Richtung parallel, aber tritt aus der Achse des Instruments heraus. Dies sind wohl die Gründe, warum man die Schwächung stets durch farbige Plangläser überall hervorbringt, wo es sich um Messung handelt.

Seitdem es Böttcher und Liebig durch das Belegen des Glases mit Silber gelungen ist, Spiegel von ausgezeichneten Wirkungen hervorzubringen, ja diese Spiegel mit glänzendem Erfolg von Steinhilf zur Auflebung von Spiegelteleskopen verwendet, scheint mir eine andere Anwendung solcher Spiegel mit metallischer Belegung ebenfalls empfehlenswerth. Ein belegtes ebenes Planglas kann durch Polirung der metallischen Belegung als ein wirksamer Spiegel wirken und demnachgeachtet kann die Schicht so dünn sein, daß sie die Strahlen intensiver Lichtquellen noch hindurchläßt. Die bei Silber eintretende blaue Färbung wirkt bei schwächeren Lichtquellen so wenig störend, daß man die hierdurch geschehenen Gegenstände in ihren natür-

X. Vergleichung von Auge und Ohr.

Dafs wir, wenn wir lange Zeit eine bestimmte Farbe betrachtet haben, nun nach einer weissen Fläche blickend, diese subjectiv in der Ergänzungsfarbe sehen, erklärt sich bekanntlich dadurch, dafs die Netzhaut, wenn sie lange einen bestimmten Farbeindruck empfangen, für diesen unempfindlicher geworden ist, als für andere Farbeindrücke. Es liegt nun die Frage nahe, ob das Ohr in ähnlicher Weise durch dauernde Erregung eines Tones für das Vernehmen desselben sich abstumpft.

Chladni hat die aus dem Interferenzprincip leicht erklärbare Erscheinung beobachtet, dafs wenn man eine vor das Ohr gehaltene Stimmgabel um ihre Achse dreht, der Ton bei jeder ganzen Umdrehung viermal verschwindet. Dieser Versuch giebt ein einfaches Mittel an die Hand, um sich davon zu überzeugen, dafs auch das Ohr durch einen lange andauernden Eindruck eines Tones sich für denselben abstumpft. Hält man nämlich von zwei unisono tönenden Stimmgabeln die eine vor das rechte, die andere vor das linke Ohr, so dafs man sie beide hört, so sollte man glauben, dafs, wenn man nur die eine derselben um ihre Achse dreht, man abwechselnd beide und dann die nicht gedrehte hören würde. Dies ist aber nicht der Fall, man glaubt alternirend die eine und die andere zu hören, indem das Ohr, welches vorher allein hörte, dann, wenn für beide Ohren derselbe Ton gleichzeitig erregt wird, für die Wahrnehmung desselben unempfindlicher geworden ist, als das andere, welches den Ton der ihm nächsten Stimmgabel nicht gehört hatte. Es mag dabei unentschieden bleiben, ob dieses Ohr den Ton der entfernteren Stimmgabel etwas hörte, denn in jedem Falle wird der Eindruck ein viel schwächerer sein, als der durch die nächste Stimmgabel hervorgerufene. Dies ist in der That bei tief tönenden Stimmgabeln in dem Grade der Fall, dafs wenn man eine derselben zuerst dicht vor das eine Ohr hält und dann bei dem Gesicht vorbei nach dem anderen Ohr führt, auf der Hälfte des Weges der Ton ganz verschwindet.

Was von gleichen Tönen gesagt ist, gilt nicht in gleicher Weise von ungleichen. Hält man von zwei eine reine Quinte gebenden Stimmgabeln die eine vor das rechte, die andere vor das linke Ohr, und dreht die eine derselben, entweder die hohe oder die tiefe, um ihre Achse, so hört man, wenn die eine auf der Interferenzstelle steht, nur die andere, aber stets, wenn man sie auch lange in dieser Lage festgehalten hat, bei dem Weiterdrehen dann beide, wenn auch der hinzutretende Ton lauter als der vorher gehörte ist.

In dem dritten Bande des Repertoriums der Physik pag. 404 (1839) habe ich als Beweis für die objective Natur der Combinationstöne den Versuch angeführt, daß wenn man die Zinken zweier durch Resonanz Stöße gebenden Stimmgabeln über ein mit ihnen nahe gleich gestimmtes Fläschchen hält, man die Stöße mit einer Deutlichkeit hört, wie sie die Resonanz nie hervorbringen vermag, und wenn man sie über eine schlaff gespannte Membrane, am besten ein Goldschlägerhäutchen, hält, darauf gestreuter Sand in entsprechenden Intervallen in die Höhe springt. Je entschiedener nun diese Versuche für die objective Natur der Combinationstöne sprechen, desto auffallender war es mir, daß man die Stöße deutlich hört, wenn man die eine Stimmgabel dicht vor das eine, die andere dicht vor das andere Ohr hält, sie also wahrnimmt, wo nur das eine Trommelfell durch die Schwingungen des einen der Töne unmittelbar erschüttert wird. Ich liefs unentschieden, ob diese Stöße objectiv zu erklären seien, indem man annähme, das eine Trommelfell würde vermittelt der festen Theile des Kopfes durch die Schwingungen des andern in isochrone Schwingungen versetzt, oder subjectiv durch Combination der Nervenindrücke. Zur Entscheidung dieser Frage hat Seebeck im Jahre 1849 (Repertorium 8, pag. 108) Versuche mit einer Doppelsirene angestellt, bei welcher sich zwei ganz gleiche Löcherscheiben um eine gemeinsame Achse drehen und welche so groß waren und so weit aus einander standen, daß der Kopf zwischen beide gebracht und die Luftstöße der einen gegen das rechte, die der anderen gegen das linke Ohr gerichtet und die so auf der gemeinsamen Achse gegen einander verstellt werden konnten, daß diese beiden Eindrücke gleich-

zeitig und alternirend auftreten konnten. Seebeck entscheidet sich nun für die objective Natur, da der Ton verstärkt wird, sowohl wenn die von den beiden Scheiben der Sirene erregten Impulse der Trommelfelle beider Ohren in gleichem oder entgegengesetzten Sinne erfolgen.

Der Unterschied, der bei dem zu Anfang beschriebenen Versuch zwischen zwei gleich und zwei verschieden tönenden Stimmgabeln sich zeigte, machte es zweifelhaft, ob den bei wenig verschiedenen Schwingungen wahrgenommenen Schwebungen bei sehr verschiedenen Schwingungen die Entstehung eines Combinationstones entsprechen würde. Ich hielt daher die beiden, eine reine Quinte gebenden Stimmgabeln vor ein und dasselbe Ohr und hörte deutlich den von Sorge entdeckten sogenannten Tartinischen Ton als tiefere Octave des tieferen Tones, ich hörte aber nur die Quinte und nicht gleichzeitig die tiefere Octave, wenn ich die eine dieser Stimmgabeln vor das eine, die andere vor das andere Ohr hielt.

Durch diesen Versuch ist, wenn ich nicht irre, der Beweis geliefert, daß verschiedene Erregungszustände beider Ohren, einzeln dem Gehirn zugeführt, sich in demselben nicht zu einer Resultante verbinden, sondern daß diese Resultante nur entsteht aus der Verbindung der verschiedenen Erregungszustände auf dasselbe Ohr. Die Combinationstöne sind daher objectiver Natur, nicht subjectiver, während hingegen die stereoskopischen Versuche und die von mir über Farbencombination beider Augen erhaltenen Ergebnisse zeigen, daß verschiedene Formen und Farben beider Augen sich erst im Bewußtsein zu einer Resultante verbinden.

betrachteten Diackes.

betrachteten Diackes.

durch einen Doppelbath pinoschist.

durch einen Doppelbath pinoschist.

Stereoskopische Darstellung eines

Stereoskopische Darstellung eines

betrachteten Diackes.

betrachteten Diackes.

durch einen Doppelbath pinoschist.

durch einen Doppelbath pinoschist.

Stereoskopische Darstellung eines

Stereoskopische Darstellung eines

II.

Stereoskopische Darstellung eines
Stereoskopische Darstellung eines
durch einen Doppelpath binocular
durch einen Doppelpath binocular
betrachteten Druckes.
betrachteten Druckes.

Stereoskopische Darstellung eines
Stereoskopische Darstellung eines
durch einen Doppelpath binocular
durch einen Doppelpath binocular
betrachteten Druckes.
betrachteten Druckes.

betrachteten Druckes.

betrachteten Druckes.

durch einen Doppelabstrich pinoculär.

durch einen Doppelabstrich pinoculär.

Stereoskopische Darstellung eines

Stereoskopische Darstellung eines

betrachteten Druckes.

betrachteten Druckes.

durch einen Doppelabstrich pinoculär.

durch einen Doppelabstrich pinoculär.

Stereoskopische Darstellung eines

Stereoskopische Darstellung eines

III.

EINFLUSS GLEICHMAESSIG WIRKENDER VERAENDERUNGEN.	EINFLUSS GLEICHMAESSIG WIRKENDER VERAENDERUNGEN.
---	---

ABEVENDELIJGEZ

WIKKENDEB

GEICHNIJESSIG

EIJELIJES

ABEVENDELIJGEZ

WIKKENDEB

GEICHNIJESSIG

EIJELIJES

EINFLUSS

GLEICHMAESSIG

WIRKENDER

VERAENDERUNGEN.

EINFLUSS

GLEICHMAESSIG

WIRKENDER

VERAENDERUNGEN.

ABWANDERUNGEN

WIKENDEB

GLEICHWEISSIG

EINFLUSS

ABWANDERUNGEN

WIKENDEB

GLEICHWEISSIG

EINFLUSS

V.

Liegen zwei echte Geldpapiere
neben einander, so erscheinen alle
Worte und Zeichen in einer Ebene,
wenn eine Platte bei dem Drucke
derselben angewendet wurde.

Liegen zwei echte Geldpapiere
neben einander, so erscheinen alle
Worte und Zeichen in einer Ebene,
wenn eine Platte bei dem Drucke
derselben angewendet wurde.

derselben angewendet wurde.

wenn eine Platte bei dem Drucke
Worte und Zeichen in einer Ebene,
neben einander, so erscheinen alle

Liegen zwei echte Gleichartige

derselben angewendet wurde.

wenn eine Platte bei dem Drucke
Worte und Zeichen in einer Ebene,
neben einander, so erscheinen alle

Liegen zwei echte Gleichartige

Wurden mehrere Platten bei Anfertigung derselben angewendet, so können die Worte und Zeichen der einen Platte über die der anderen erhoben erscheinen.

Wurden mehrere Platten bei Anfertigung derselben angewendet, so können die Worte und Zeichen der einen Platte über die der anderen erhoben erscheinen.

erhöhen erscheinen

einen Platte über die der anderen
können die Worte und Zeichen der
tugend derselben angewendet, so
Wurden mehrere Platten bei Unter-

erhöhen erscheinen

einen Platte über die der anderen
können die Worte und Zeichen der
tugend derselben angewendet, so
Wurden mehrere Platten bei Unter-

VII.

Liegt ein echtes und falsches
Geldpapier neben einander, so er-
scheinen einzelne Worte, Buchsta-
ben und Zeichen über die übrigen
erhoben.

Liegt ein echtes und falsches
Geldpapier neben einander, so er-
scheinen einzelne Worte, Buchsta-
ben und Zeichen über die übrigen
erhoben.

erhöhen.

ren nach Zeichen über die übrigen
erscheinen einzelne Worte, Buchstaben
Gefährlicher werden einander, so er-

Liegt ein esche und islasche

erhöhen.

ren nach Zeichen über die übrigen
erscheinen einzelne Worte, Buchstaben
Gefährlicher werden einander, so er-

Liegt ein esche und islasche

VIII.

Ist bei Anwendung mehrerer Platten
bei Anfertigung des Originals das
Papier falsch, so findet auch in den
Worten derselben Platte das Her-
austreten statt.

Ist bei Anwendung mehrerer Platten
bei Anfertigung des Originals das
Papier falsch, so findet auch in den
Worten derselben Platte das Her-
austreten statt.

Ist bei Anwendung mehrerer Platten
bei Anfertigung des Originals das
Papier insofern, so findet auch in den
Worten derselben Platte das Her-
ausstellen statt.

Ist bei Anwendung mehrerer Platten
bei Anfertigung des Originals das
Papier insofern, so findet auch in den
Worten derselben Platte das Her-
ausstellen statt.

Im Verlage von G. W. F. MÜLLER in Berlin, Bendlerstraße 29, ist erschienen:

DOVE, H. W., **Darstellung der Farbenlehre und optische Studien.**
Mit 2 lithographirten Tafeln. gr. 8. br. 1853. n. $1\frac{5}{8}$ Thlr.

— — **Anwendung des Stereoskops um falsches von echtem Papiergeld zu unterscheiden.** gr. 8. br. 1859. n. 10 Sgr.

— — **Optische Studien,** Fortsetzung der in der »Darstellung der Farbenlehre« enthaltenen. gr. 8. br. 1859. n. 15 Sgr.

SCHACHT, DR. H., **Lehrbuch der Anatomie und Physiologie der Gewächse.** 2 Theile. 1856. — 1859. n. $8\frac{1}{3}$ Thlr.

Inhalt: I. THEIL. *Die Pflanzenzelle u. ihre Lebenserscheinungen. (Zellen, Gewebe, Gefäßbündel, stammlose Zellenpflanzen.) Mit 105 eingedruckten Holzschnitten und 143 lithographirten, zum Theil farbigen Abbildungen auf 5 Tafeln.* gr. 8. $28\frac{1}{2}$ Bog. n. $3\frac{1}{3}$ Thlr.

II. THEIL. *Die zusammengesetzten Organe (Stamm, Blatt, Wurzel, Fortpflanzung der Kryptogamen, Blüthe, Befruchtung, Frucht, Same und Vermehrung der Phanerogamen; Lebenserscheinungen und Tod der Gewächse.) Nachträge für den I. Theil; Sach- u. andere Register über beide Theile. Mit 410 eingedruckten Holzschnitten und 212 lithographirten Abbildungen auf 6 Tafeln.* gr. 8. 40 Bog. n. 5 Thlr.

— — **Grundriss der Anatomie und Physiologie der Gewächse.** Zum Gebrauch beim Unterricht und zum Selbststudium für Mediciner, Pharmaceuten, Land- u. Forstwirthe, sowie für Studierende überhaupt. Mit 349 mikroskop. Abbild. auf 159 in den Text gedruckten Holzschnitten. gr. 8. br. 1859. n. $1\frac{1}{2}$ Thlr.

— — **Beiträge zur Anatomie und Physiologie der Gewächse.** Mit 9 Tafeln lithograph. Abbildungen und mit zahlreichen in den Text eingedr. Holzschnitten. gr. 8. 1854. n. $3\frac{1}{3}$ Thlr.

— — **Der Baum.** Studien aus dem Pflanzenleben. Mit 8 Lithographien, worunter 4 in Farbendruck, und mit vielen in den Text eingedr. Holzschnitten. gr. 8. br. 1853. n. $3\frac{2}{3}$ Thlr.

— — **Das Mikroskop und seine Anwendung** insbesondere für Pflanzen-Anatomie und -Physiologie. Mit 6 lith. Tafeln. gr. 8. br. 1851. n. $1\frac{5}{8}$ Thlr.

— — **Die Prüfung der im Handel vorkommenden Gewebe** durch das Mikroskop und durch chemische Reagentien. Mit 8 lith. Tafeln. gr. 8. broch. 1853. n. $1\frac{1}{4}$ Thlr.

— — **Madeira und Tenerife** mit ihrer Vegetation. Ein Bericht an das Kgl. Preufs. Ministerium für die landwirthsch. Angelegenheiten. Mit 6 lith. Tafeln u. 10 Holzschn. gr. 8. br. 1859. n. $1\frac{2}{3}$ Thlr.

Künftig erscheint in demselben Verlage:

SCHACHT, DR. H., **Jahresbericht über die Fortschritte der Anatomie und Physiologie der Gewächse.** Als Nachtrag der Pflanzen-Anatomie und Physiologie. (Jährlich 4 — 5 Bogen.)

W.U.H. PERLING
BUCHBINDE
MÜNCHEN 7
LEUTSTETTERSTR

Dove, Heinrich Wilhelm,

Optische Studien Fortsetzung der in der 'Darstellung der Farbenlehre'
enthaltenen

Berlin 1859

Phys.sp. 185 tf-2

urn:nbn:de:bvb:12-bsb10133639-3